

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ

MADEN KAYNAKLARININ

DEĞERLENDİRİLMESİ

SEMPOZYUMU BİLDİRİLER KİTABI

14-16 Eylül 2006

Prof.Dr.Osman Turan Kültür ve Kongre Merkezi
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Trabzon

EDİTÖRLER

Dr. Cengiz DEMİR

Dr. Ali Osman YILMAZ



Maden Mühendisleri Odası
Trabzon İl Temsilciliği



Karadeniz Teknik
Üniversitesi



MTA Doğu Karadeniz
Bölge Müdürlüğü



TCK
10. Bölge Müdürlüğü

**DOĞU KARADENİZ BÖLGEĞİ MADEN KAYNAKLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ SEMPOZYUMU BİLDİRİLER KİTABI
14-16 Eylül 2006-TRABZON**

Editörler:

**Dr. Cengiz DEMİR
Dr. A. Osman YILMAZ**



**Maden Mühendisleri Odası
Trabzon İl Temsilciliği**



**Karadeniz Teknik
Üniversitesi**



**MTA Doğu Karadeniz
Bölge Müdürlüğü**



**TCK
10. Bölge Müdürlüğü**

©Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde yayınlanamaz.

ISBN: 9944-89-164-9

ADRES:

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Selanik Caddesi No: 19/4

06650 Kızılay-Ankara

Tel: 0 312 425 10 80

Faks: 0 312 417 52 90

Web: www.maden.org.tr

E-Posta: maden@maden.org.tr

BASKI:

Ümit Ofset Matbaacılık - Ankara

Tel: 0312 384 26 27



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

YÖNETİM KURULU
Mehmet TORUN
Berna Fatma VATAN
Nahit ARI
Ahmet SARDAR
Mehmet Ali HİNDİSTAN
Cemalettin SAĞTEKİN
Hüseyin Can DOĞAN

DÜZENLEME KURULU

Prof.Dr. İbrahim ÖZEN, Karadeniz Teknik Üniversitesi Rektörü
Mehmet TORUN, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Başkanı
Mehmet ÜZER, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürü
Mehmet Cahit TURHAN, Karayolları Genel Müdürü

YÜRÜTME KURULU

Prof. Dr. Ayhan KESİMAL, Başkan
Yrd. Doç. Dr. Hacı DEVECİ, II. Başkan
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ALP, II. Başkan
Yrd. Doç. Dr. Cengiz DEMİR, Sekreter
Dr. Alp ASLAN, Üye
İlker ÖZKAN, Üye
Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER, Üye
Yrd. Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ, Üye
Yrd. Doç. Dr. Tuncay USLU, Üye
Öğr. Gör. Bayram ERÇIKDI, Üye
Arş. Gör. Ersin Y. YAZICI, Üye
Arş. Gör. Ferdi CİHANGİR, Üye
Arş. Gör. Oktay CELEP, Üye
Arş. Gör. Tuğba YILMAZ, Üye
Oğuz SÖNMEZER, Üye
Cemalettin SAĞTEKİN, Üye

DANIŞMA KURULU

Mehmet TORUN, TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Yrd. Doç. Dr. Cengiz DEMİR, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Necati TÜYSÜZ, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa AYTEKİN, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cemil YILMAZ, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Cüneyt ŞEN, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Nahit ARI, TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Prof.Dr. Ali İhsan AROL, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Tevfik GÜYAGÜLER, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Celal KARPUZ, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Asım KUTLUATA, TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Mustafa SUVAR, TMMOB Maden Mühendisleri Odası

DESTEKLEYEN KURULUŞLAR

Trabzon Valiliği
Gümüşhane Valiliği
Trabzon Belediyesi
Gümüşhane Belediyesi
Maden İşleri Genel Müdürlüğü
Elektrik Üretim A.Ő.
Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ő.
Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
Türkiye Taşkömürü Kurumu
Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü
Trabzon Ticaret ve Sanayi Odası
Aydın İnşaat
VakıfBank
Limak A.Ő.
Cengiz - MAPA

BİLİM KURULU

- Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK, İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Güner ÖNCE, Dumlupınar Üniversitesi
Prof. Dr. Ergin ARIÖĞLU, Yapı Merkezi
Prof. Dr. Gülhan ÖZBAYOĞLU, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ümit ATALAY, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ali İhsan AROL, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nuh BİLGİN, İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Vedat DİDARİ, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN, İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Zafir EKMEKÇİ, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Levent ERGÜN, Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Özcan GÜLSOY, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Tevfik GÜYAGÜLER, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Cahit HİÇYILMAZ, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ, Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Aydın BİLGİN, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Sultan YAMAK, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU, Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Mesut ANIL, Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa AYHAN, Dicle Üniversitesi
Prof. Dr. M. Kemal GÖKAY, Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Muammer Öner, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Erhan TERCAN, Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment YALÇIN, Dokuz Eylül Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. M. Ali HİNDİSTAN, Hacettepe Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. A. Ekrem YÜCE, İstanbul Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Mithat VICİL, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Aysel ŞEREN, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Atilla TATARHAN, UBM Müşavirlik
Prof. Dr. Hasan GERÇEK, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Prof. Dr. Ayhan KESİMAL, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Cengiz DEMİR, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Ali Osman YILMAZ, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hacı DEVECİ, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ALP, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Tuncay USLU, Karadeniz Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne bağlı Maden Mühendisleri Odası tarafından Trabzon'da düzenlenen ilk etkinlik olma özelliğini taşımaktadır.

Sempozyum ile, bölgenin maden potansiyelinin ortaya konularak, gerek ülke gerekse bölgenin gelişimine en yüksek yararı sağlayacak şekilde kaynakların en uygun kullanım olanaklarının saptanması amaçlanmış, bölgedeki mevcut madencilik faaliyetlerinin mühendislik kuralları çerçevesinde ve çevreye en az zararlı sürdürülebilmesi bakımından uygun yöntemlerin incelenmesi ve tartışılması hedeflenmiştir.

Söz konusu Sempozyum ile, teknik ve bilimsel gelişmelerin geniş kitlelere aktarılması, ilgili kuruluşlar ve sivil toplum örgütlerinin de katılımıyla çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve sektörde yer alan çeşitli tarafların aynı platformda buluşturularak yakın bir iletişimin sağlanması önemli bir katkı olarak görülmektedir.

Genel olarak sempozyum konuları; Doğu Karadeniz bölgesinin ekonomik maden rezervleri, bölgedeki sorunların madencilik sektörüne etkileri, madenlerde iş sağlığı ve güvenliği, madencilik ve çevre, madencilik sektörünün sanayileşmedeki rolü, madencilik politikaları ve maden mevzuatı, Doğu Karadeniz bölgesindeki yapı malzemeleri potansiyeli, bölgede yapılan yatırımların değerlendirilmesi ve öneriler şeklindedir.

Sempozyumun, gerek maden potansiyeli ve gerekse madencilik faaliyetleri açısından büyük önem taşıyan bölgenin ekonomik yaşamı üzerinde olumlu etkileri olacağı inancıyla, sempozyumun gerçekleşmesinde emeği geçen, maddi ve manevi destek sağlayan tüm kişi ve kuruluşlara teşekkür ederiz.

TMMOB
Maden Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

İÇİNDEKİLER

Maden Jeofiziği IP Verilerinde Modern Görüntüleme: Yenice ve Yomra Örnekleri İ. Çağlar, Ü. Avşar, A.E. Ünal & R. Karlı	1
Erzurum Bölgesi Pomza Oluşumları ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Endüstriyel Olarak Kullanımı L. Gündüz, N. Şapcı, M. Bekar & M. İsker	7
Ordu İli Fatsa, Korgan, Çatalpınar İlçeleri Abazdağı, Gümüşdere, Keşdere Yöresindeki Zn, Pb, Cu Cevherleşmeleri A.R. Güç	17
Kavaklar (Ordu) ve Tirebolu (Giresun) Bentonitlerinin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye E. Abdioğlu, M. Arslan & H. Kolaylı	21
Gümüşhane İli Maden Potansiyeli ve Bölge Ekonomisindeki Önemi İ. Akpınar, Y. Demir & E. Akaryalı	31
Kuzeydoğu Pontid'lerin Maden Yatakları İ. Kurt & İ. Özkan	43
Erzurum – Şenkaya- Turnalı Opali ve Ekonomik Geleceği M. Vıcıl, O. Celep, B. Yalçınalp, İ. Alp, A. O. Yılmaz, T. Yılmaz & İ. Çavuşoğlu	49
Doğu Karadeniz Barit Potansiyeline Genel Bir Bakış Ö. Şaban & K. Muş	59
Doğu Karadeniz Bölgesi Jeotermal Enerji Kaynakları K. Muş & Ö. Şaban	63
Doğal Taşın Önemi ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki Mevcut Durum İ. Çavuşoğlu, A.O. Yılmaz, R. Varlık, İ. Özkan, & M. Çebi	67
Doğu Karadeniz Bölgesi Akikleri ve Özellikleri M. Vıcıl, B. Yalçınalp, İ. Çavuşoğlu, E.Y. Yazıcı, O. Celep & T. Yılmaz	77
Papatya Desenli Diyoritlerin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği Ü. Görgülü, İ. Alp, İ. Çavuşoğlu, H. Kolaylı & M. Arslan	81
Türkiye ve Dünyada Bulunan Süs Taşları A. Bayraktar	85
Doğu Karadeniz Kuvars Yatakları ve Piezoelektrik Teknoloji A. Kaygusuz, H. Kolaylı, M. Vıcıl, İ. Alp & E.Y. Yazıcı	93
Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Bulunan Taş Ocak Sahalarının İşletme Teknikleri Yönünden İncelenmesi, Etkileri, Sorunlar ve Çözüm Önerileri A.Tatarhan	99
Patlatmadan Kaynaklanan Çevresel Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları A. Kahrıman, Ü. Özer, A. Karadoğan & D. Adıgüzel	113
Ateşleme Sistemleri ve Bunların Patlatma Performansına Etkisi	137

E. Alpaydın	
Taşocaklarında Yapılan Patlatmaların Değerlendirilmesi G. Konak, A.H. Onur & D. Karakuş	143
Gaziantep Çevre Yolunda Yapılan Patlatmalardan Kaynaklanan Yer Sarsıntılarının Önlenmesi: Örnek Uygulama M.O. Özkazanç	147
Kalker Ocağında Patlatma Kaynaklı Yer Titreşimlerinin İstatistik Analizi F. Cihangir, B. Erçikdi, A. Kesimal & O. Durmuş	151
Madencilik ve Sanayi Faaliyetleri Sonucu Oluşan Titreşimlerin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetim Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi: Örnek Uygulama A.H. Onur, G. Konak & D. Karakuş	157
Çok Dik ve Sarp Arazi Yapısına Sahip Ocak Sahalarında Kademeli İşletme Yöntemlerinin Uygulanması A. Tatarhan	167
Harşit Çayı Üzerinde Bulunan Kum Çakıl Ocaklarının İncelenmesi E. Kahraman	183
Hazır Beton Sektörümüzün İstatistiksel Değerlendirilmesi Ve Karadeniz Bölgesinde Hazır Beton Sektörüne Bakış A.Ö.Yılmaz & İ. Alp	189
Çimento Hammaddelerinin Kalite ve Rezervinin Kriging Yöntemiyle Modellenmesi A. Ersoy, T.Y. Yünel & Ü. Atıcı	201
Kompleks Cevherlerde (Pb, Zn, Cu) Kritik Tenörün Belirlenmesi ve İşletme Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi A.O. Yılmaz & F. Koçal	213
Net Bugünkü Değerin (Npv) Maksimizasyonu İçin Optimum Cutoff Tenörünün Belirlenmesi A. Başçetin & A. Nieto	221
Araçlı Yıldızlı Kireçtaşının Agrega Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi F. Cihangir, B. Erçikdi & A. Kesimal	227
Gümüşhane ve Bayburt Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İ. Karakurt, A.O. Yılmaz, İ. Alp, Ü. Görgülü & İ. Çavuşoğlu	233
Doğal Taşların Kesilmesi ve İşlenmesinde Su Jeti Kullanımı İ. Karakurt, K. Aydın, İ. Alp & Ü. Görgülü	239
Atıksu Arıtma Çamurlu Küllerinin Betona Katkı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma O. Üçüncü & M. Gülay	243
Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisleri Çamur Atıklarının Değerlendirme Yollarının Araştırılması O. Üçüncü & Z. Angın	247
Orman Yolu İnşaatlarında Kaya Patlatmalarının Çevresel Etkisinin İrdelenmesi S. Çağlar & H.H. Acar	253

Madencilik Faaliyetlerinde İşçilerin Ulaşımı ve Cevher Nakliyatında Tekray Sisteminin Kullanılması H.H. Acar	259
Madencilikle İlgili Hukuki Düzenlemeler ve 5177 Sayılı Kanun N. Kavaklı	263
Oltu Balkaya Linyitleri ve Termik Santralde Kullanılabilirlikleri Y. Kar, C. Bal, T.S. Demir & C. Demir	269
Gümüşhane-Mastra Altın Madeni A.V. Oygür	275
Sülfürlü Cevherlerin Ön Zenginleştirilmesi ve Bergmann Yöntemi ile Ön Ekonomik Değerlendirme Yaklaşımı A.E. Yüce & S.Ünsal, V.Gürkan	283
Gravite ile Zenginleştirme Siyanüre Alternatif midir?: Mastra (Gümüşhane) Örneği O. Celep, İ. Alp, H. Deveci, R. Yazıcı, M. Vıcıl & C. Duran	293
Artvin - Yusufeli Kömürlerinin Gravite Yöntemleri Kullanılarak Kükürt Miktarının Azaltılması M. Yavuz, İ. Alp, R. Fidan, E. Şahinoğlu & İ. Erkan	299
Yığın Liçi Çözeltilisinden Sementasyon ile Bakır Kazanımı Uygulaması: Helva Madeni (Bayburt) E.Y. Yazıcı, İ. Alp, H. Deveci, T. Yılmaz & O. Celep	305
Atık Banyo Çözeltilerindeki Gümüşün Sementasyon İle Geri Kazanımı E. Kırmızıkan, G. Güldan, E.Y. Yazıcı, İ. Alp, H. Deveci, C. Duran & O. Celep	309
Ordu-Akoluk (Ordu) Cevherinden Gravite ile Altın ve Gümüş Kazanımı O. Celep, İ. Alp, H. Deveci, Y. Çelik, M. Vıcıl & C. Duran	313
İkincil Bakır Sülfidlerin (CuS-Cu ₂ S) Flotasyon ile Zenginleştirilmesi T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci, O. Celep, C. Duran & M. Vıcıl	319
Pirit-Metal İyonu Etkileşimine Albüminin Etkisinin Voltametri Tekniği ile İncelenmesi K. Şahbudak, Ü. Akdemir, T. Güler & S. Çetinkaya	325
Asidik Ferrik Sülfat İle İkincil Bakır Sülfidlerin (CuS ve Cu ₂ S) Liçi T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci, O. Celep, C. Duran & M. Vıcıl	329
Ordu-Akoluk Cevherinden Siyanür Liçi ile Altın-Gümüş Kazanımı O. Celep, İ. Alp, H. Deveci, T. Yılmaz, M. Vıcıl & C. Duran	335
Siyanür Bozunma Hızının Fuzzy Lineer Uzaylarındaki (FLU) Bir Modellemesi H. Keleş, E.Y. Yazıcı, H. Deveci, İ. Alp & A. Kesimal	341
Arsenik ve Çevre T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci, O. Celep, O. Üçüncü & C. Duran	345
Müzret (Artvin-Yusufeli) Kömürünün Yağ Aglomerasyonu İle Temizlenmesi T. Uslu, E. Şahinoğlu, İ. Alp & H. Deveci	351

Maden Jeofiziği IP Verilerinde Modern Görüntüleme: Yenice ve Yomra Örnekleri

İ. Çağlar, Ü. Avşar & A. E. Ünal

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Maslak 34469, İstanbul

R. Karlı

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Dairesi, Eskişehir Yolu, Ankara

ÖZET: Maden jeofiziği çalışmalarındaki Yapay Polarizasyon (IP) verilerinin yorumunda başlıca bir sorun, polarize olan mineralizasyon zonunun yarattığı gerçek polarizasyon anomalisinin şeklini daima bozan elektrod etkisidir. Bu etki, cevherleşme kütlesi üzerinde yanıltıcı simetrik bir IP anomaliyi ortaya koyar. Jeolojik yapıdan kaynaklanan elektromanyetik bağlanım (coupling) da keza mineralli zonun gerçek IP bilgisini maskeler. Bu nedenle, maden yatağı hakkında daha başarılı ve tutarlı değerlendirme yapabilmek amacıyla IP arazi verilerini düzeltmek için bazı modern işlemler gereklidir. Bu işlemler Biga yarımadasındaki Yenice’de bakır-kurşun-çinko cevherleşme sahasında ölçülmüş IP frekans ortamı verilerine ve Trabzon-Yomra mineralizasyon sahasında ölçülmüş IP faz verilerine uygulanmıştır.

ABSTRACT: A major problem of the interpretation of Induced Polarization (IP) data in mining geophysics is electrode effects that always distorts true polarization anomalies originated by polarizable mineralization body. This effect causes spurious symmetrical IP anomalies on the mineralized body. The electromagnetic coupling caused by geological structure is also masks true IP response of mineralized zone. The several modern processes for correcting raw IP data is therefore necessary to make more successful interpretation about mineralized body. A complete result of the modern imaging procedures is given as an application to frequency domain IP data measured in Yenice site, Biga peninsula and to IP phase data measured Trabzon-Yomra mineralization site.

1 GİRİŞ

Jeofizik ölçüm tekniklerinden biri olan Yapay Polarizasyon (IP) yöntemi özellikle metalik sülfürlü maden aramalarında kullanılarak cevherleşme zonunun lokasyonu ve uzanım gibi bulguları yüksek duyarlılıkla ortaya koyabilmektedir (Van Voorhis vd., 1973; Sumner, 1976; Vanhala & Peltoniemi, 1992, Loke vd., 2006). IP verilerinin yorumundaki başlıca bir sorun, polarize olan mineralizasyon zonunun yarattığı gerçek polarizasyon anomalisinin şeklini daima bozan elektrod etkisidir. Akım elektrodlarının polarize olabilen mineralizasyon kütlesine göre olan konumları, araştırılan maden damarının şeklini, bu damara olan derinliği ve çevre kayaç ile arasındaki elektrik özdirenç farklılığını bulup yorumlama konusunda zorluklar oluşturur (Bertin & Loeb, 1976). Jeolojik yapıdan kaynaklanan elektromanyetik bağlanım da keza mineralli zonun gerçek IP bilgisini maskeler (Pelton vd., 1978; Dahlin vd., 2002). Maden jeofiziğinde bu

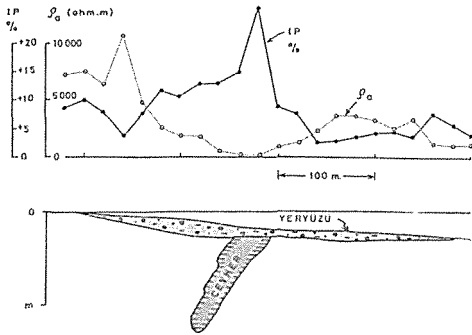
gibi etkilerin ortadan kaldırılması yada en aza çekilmesi aracılığı ile IP verilerinin içeriği cevherleşme ortamının geometrisi hakkında daha doğru bulguları vermesi sağlanabilir (Çağlar, 2000).

2 IP VERİLERİNDE GÖRÜNTÜLEME

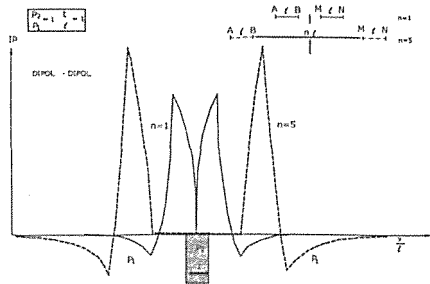
2.1 Elektrod Etkisi ve Kökeni

Metalik sülfürlü cevherleşme yataklarının üzerinde yapılan ölçümlerde yüksek IP ve düşük özdirenç anomalilerinin birlikte uyarlı olarak elde edilmesi cevherleşme ortamının yerini belirlemede etken olur (Şekil 1). Özellikle dissemine olmuş sülfürlü metalik cevherleşmelerin yer aldığı bazı jeolojik yapılarda bu cevherleşme ile onun civarındaki kayaçların özdirençleri arasında büyük farkların gözlenmesine ise sıkça rastlanmasına karşın sülfürlü metalik cevherleşme kuşağı yüksek polarizasyon ortamını meydana getirir. Bu tür dissemine ortamlar

bir IP ölçümü sırasında yeryüzünden uygulanan elektriksel akım dağılımını büyük değişikliğe uğratmazlar. Ancak çevre kayaca göre bir polarizasyon ayrıcalığını ortaya koyarlar. Akım elektrodları polarizasyon ortamını kat ettikleri zaman, gerilim elektrodları ile ölçülmekte olan ikincil depolarizasyon alanı ve akım yoğunluğunun yönünde ortaya çıkan değişimler IP okumaları ile kayıt edilir. Bu değişimler IP elektrod etkisinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Cevherleşme kuşağını belirlemede yararlanılan IP anomalileri elektrod etkisi ile bozulmaya uğrarlar. Şekil 1'de gösterildiği gibi elde edilmesi beklenen bozulmuş anomaliler, ölçü doğrultusunun yer aldığı yeryüzü morfolojisi, cevherleşmenin derinliği ve geometrisi ile ölçülerde kullanılan elektrod dizilimi ve ölçü aralığına bağlı olarak çeşitli biçimler içerir. Dipol-dipol diziliminde elektrod etkisi özellikle daha kolay ortaya çıkar. Keza bu dizilimin simetrik oluşu akım ve gerilim elektrodlarının birbirinin yerine geçme (reciprocity) özelliği nedeniyle cevherleşme ortamı üzerinde elde edilmesi gereken maksimum genlikli polarizasyon anomalisi bir çift simetrik anomali olarak ortaya çıkar (Şekil 2).



Şekil 1. Bir metalik cevherleşme üzerinde elde edilen IP ve öz direnç anomalileri.



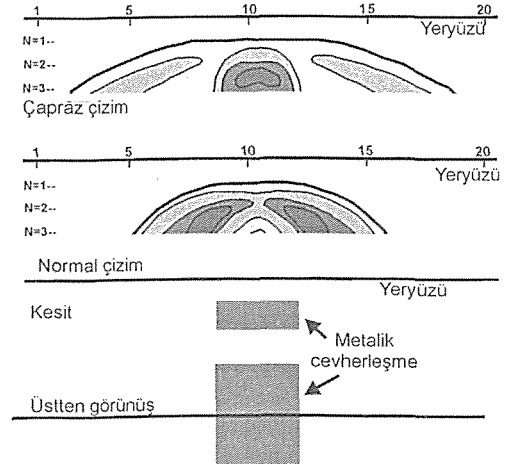
Şekil 2. İletken ve polarize olabilen kütle üzerinde yanıtıcı olarak ortaya çıkan çift anomali

2.2 Elektrod Etkisinin Giderilmesi Tekniği

Yeraltının belli derinliklerindeki cevherleşme kuşağını saptamaya yönelik hazırlanan IP verilerine (görünür öz direnç, metal faktör ve frekans etkisi) ait pseudo-section (andran kesit) çizimlerinde bu etki olduğundan, polarizasyon ortamı üzerinde olması gereken maksimum genlikli anomalinin yer değiştirerek çift olarak elde edildiği görülür. n-aralıklama değeri arttıkça bu maksimum genlikli çift anomaliler, cevherleşmeden daha uzak yerlerde elde edilir (Şekil 2).

IP verilerini yorumlayan bir jeofizikçi cevher lokasyonunu, onun eğimini, test kuyusu derinliğini belirleme çabasını gösterirken yukarıda açıklanan elektrod etkisinin yanıtıcı özelliği ek bir zorluğu ortaya çıkarır. Normal çizim tekniği ile hazırlanan andran kesitlere bakarak cevhere ulaşılabilecek noktanın belirlenmesinde yanılgılar ortaya çıkar (Şekil 3 ve 4). Aranan cevheri en az maliyet ve sondaj ile belirleyebilmek için bu etkiyi yok etmek önemli bir yarar sağlar. Bu amaca yönelik bir işlem, çapraz-çizim (mixed-plotting) tekniğini gerçekleştirmek için bir pencere süzgeç, IP verilerine uygulanabilmektedir. Bu amaçla, her bir 1, 2, 3, 4; n-dipol aralıklarına sırasıyla karşılık gelen (1.0), (0.5), (0.333) ve (0.25) ağırlık katsayılarına sahip bir pencere süzgeç uygulanır.

Çapraz çizim tekniği ile yeniden çizilen andran kesit (Şekil 3) ve IP kesidi (Şekil 4) bu kez cevherleşme lokasyonunu daha doğru olarak ortaya koyacaktır.

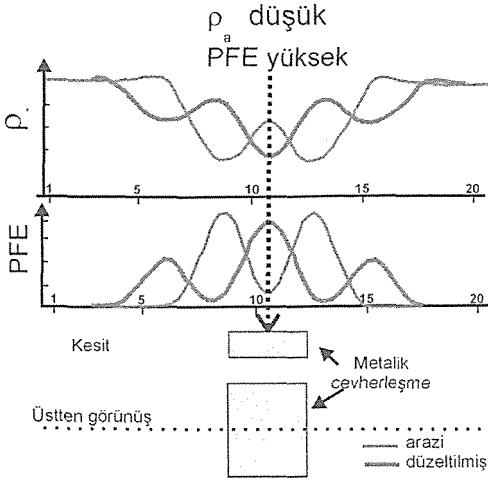


Şekil 3. Normal çizimde cevherleşme kütlesi üzerinde iki yanda yanıtıcı anomali oluşurken çapraz çizim sonunda bu kütlemin tam üzerinde doğru anomali oluşur.

3 MODERN GÖRÜNTÜLEME ÖRNEKLERİ

3.1 Yenice Sahası ve IP Doğrultuları

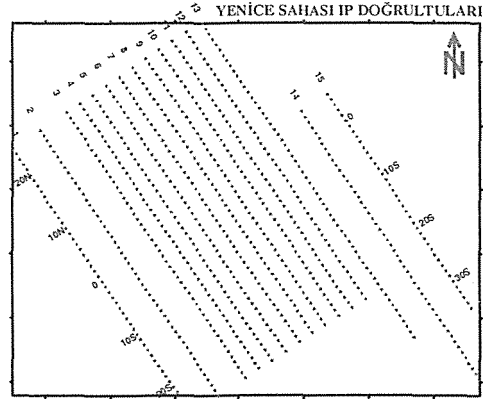
Çalışma alanının yer aldığı Biga yarımadası maden potansiyeli bakımından zengindir. Ölçülerin yapıldığı saha Çanakkale il merkezinin güney doğusunda, Yenice İlçesi civarındadır. IP yöntemi, aranan madenin metalik özellik göstermesi nedeniyle seçilmiştir. Sahada 15 IP profili ile 1 km²'yi aşkın bir alanda ölçümler yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 4. Düzeltilmemiş arazi anomalisi yanıtıcı olarak iletken kütle üzerinde öz direnci yüksek ve IP değerini düşük gösterirken düzeltilmiş veri ise beklendiği gibi öz direnci düşük ve IP'yi yüksek olarak ortaya koyar.

2.3 Elektromanyetik (EM) Bağlanım (coupling) Etkisi ve Giderilmesi

IP ölçülerinde kullanılan akımın frekansına, dipol dipol elektrod aralığına ve uzunluğuna bağlı olarak daima ölçülere karışan elektromanyetik (EM) bağlanım etkisi ise yer içinden kaynaklanmaktadır (Pelton vd., 1978). Bu maskeleyici etki IP ölçülerinin yorumunda olumsuzluklar yarattığından giderilmesi yada en aza çekilmesi zorunludur. IP faz ölçülerindeki çok geniş bir frekans aralığının kullanılması nedeniyle EM bağlanım kaçınılmaz bir bozucu etkidir. IP faz tekniği ölçümlerinde kullanılan frekans sayısına göre 2-nokta, 3-nokta "Quadratic Extrapolation" tekniği yardımıyla IP faz değeri doğru akım (d.c.) düzeyine çekilerek asıl beklenen galvanik IP değerine ulaşılır (Çağlar, 1991; 2000). Böylelikle yalnızca yerindeki mineralizasyon ortamının verdiği polarizasyon değerlerine ulaşılır. Yanıtıcı yüksek faz değerleri ortadan kalktığı için cevherleşme zonunun gerçek sınırları, derinliği ve konumu hakkında sağlıklı bilgiler elde edilir. Önemli cevherleşme yataklarının bulunduğu Trabzon yöresinde Yomra civarında MTA tarafından ölçülmüş IP faz verilerini maskeleyici EM bağlanım etkisini gidermeden yada azaltmadan yorumlamanın zor ve sakıncalı olduğu düşünülerek EM bağlanım etkisi ortadan kaldırılmış ve görüntüleme iyileştirmeler sağlanmıştır.



Şekil 5. IP ölçü doğrultuları ve noktaları

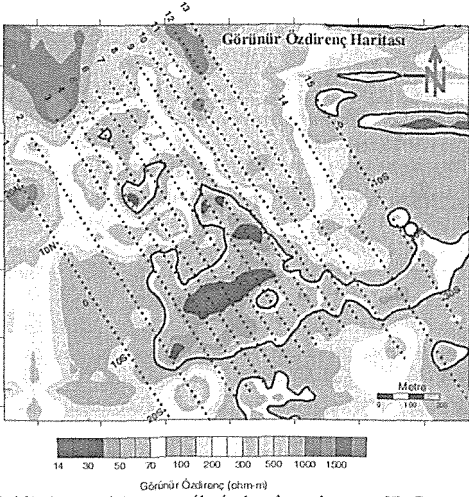
3.2 Jeoloji, Maden Yatağı ve Cevherleşme

Yenice çalışma sahasında Paleozoik yaşlı metamorfik şistler sahanın doğu ve güney kesimlerinde gözlenirken, sahanın büyük bir bölümünü kuvarsitler kaplar. Kayaçlar çoğunlukla bölgesel metamorfizmaya uğramışlardır. Sahanın ortasında ve güney doğu kesimlerinde yer alan diabazlar ise genellikle masif görünüşlü olup metamorfizmaya uğrayarak çoğunlukla bozuşmuşlardır (hidrotermal alterasyon). Faylar genellikle doğu-batı doğrultuludur. Cevher filonları ve cevher içeren fay zonları da aynı yöndedir. Ayrıca doğu-batı doğrultulu fayları kesen daha genç, değişik yönde faylar da görülür. Sahadaki mevcut galerideki cevherleşme zonlarından alınan örneklerle göre cevher; genellikle galenit, çinkoblend, kalkopirit, pirit şeklindedir. Yandaş minerali ise sadece kuvars olarak görülmüştür. Cevher içeriğinde en çok yer galenit alır. Cevherleşmenin hidrotermal maden yatağı olarak çatlak ve fay zonlarını doldurarak filon şeklinde geliştiği anlaşılmıştır. Kısmen dissemine cevherleşmeye de rastlanıldığı bilinmektedir.

3.3 Arazi Ölçümlerinden Elde Edilen IP Arazi Haritaları

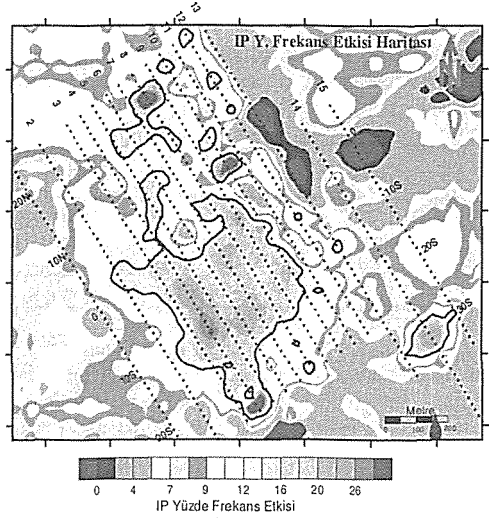
Toplam 15 doğrultu üzerinde, elektrod açılımı 40 m. seçilip (n) (1, 2, 3, 4) aralıkla değerleri kullanılarak frekans ortamı IP ölçümleri yapılmıştır. Görünür öz direnç (ρ_a), metal faktör (MF) ve yüzde frekans etkisi (PFE) parametreleri ölçülmüş olup bunların birlikte yorumlarından olası galenit-pirit cevherleşmesi yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

IP parametrelerinin andıran kesit biçiminde görüntülenmesi özellikle dipol-dipol dizilim durumunda 45° lik bir çizim işlemi ile sağlanır. Bu alışılan teknik aracılığı ile akım ve dipol boylarının orta noktalarından başlatılan 45° lik eğime sahip iki çizginin kesiştiği yere (bu nokta daima dizilimin ortasına karşılık gelir) ölçü değeri atanır. Herbir n-aralıkla değeri için bu işlem sistematik olarak yapılarak andıran kesitler oluşturulur. Bu kesitlere normal çizim kesidi denilebilir. Yenice sahasına ait görünür öz direnç, yüzde frekans etkisi ve metal faktör normal çizim kesitleri kullanılıp geliştirilen IP haritaları sırasıyla Şekil 6, 7 ve 8 de gösterilmiştir.



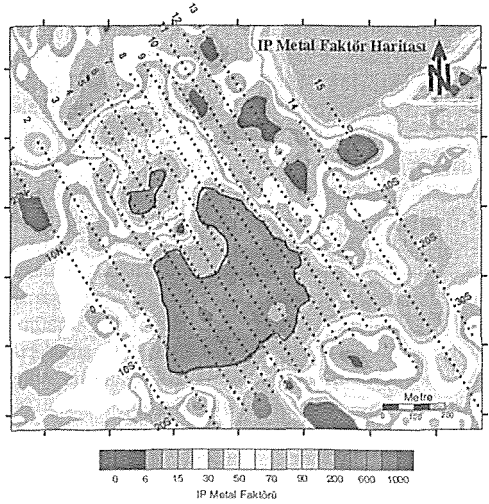
Şekil 6. Arazi ham verilerinden hazırlanmış IP Görünür öz direnç haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar düşük öz direnç simgeler.

Bu haritalar incelendiğinde metalik sülfürlü cevherleşme ile ilişkilendirilebilecek anomali kapanımlarının farklı alanlara doğru dağılım gösterdiği izlenmektedir. Bu durum büyük olasılıkla anomali merkezlerinin kayması ve elektrod etkisi nedeniyle yer değiştirmesi ile açıklanabilir.



Şekil 7. Arazi ham verilerinden hazırlanmış IP yüzde frekans etkisi (PFE) haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar cevherleşme ile ilişkilendirilebilecek polarizasyon alanlarını gösterir.

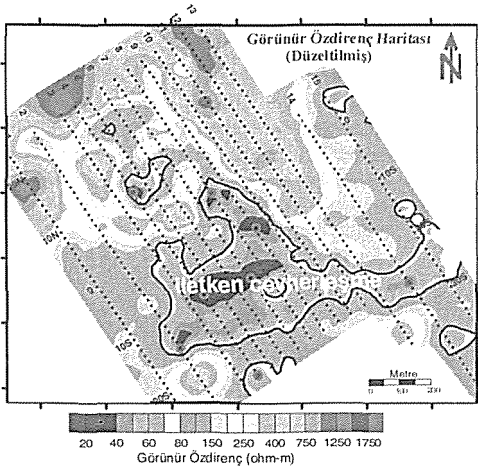
Haritalarda düşük öz direnç gözlendiği alanlarda IP değerlerinin (metal faktör ve yüzde frekans etkisi değerleri) yüksek olarak ortaya çıkması beklenir. Böyle bir görünüm cevherleşme ile sağlıklı olarak ilişkilendirilebilir.



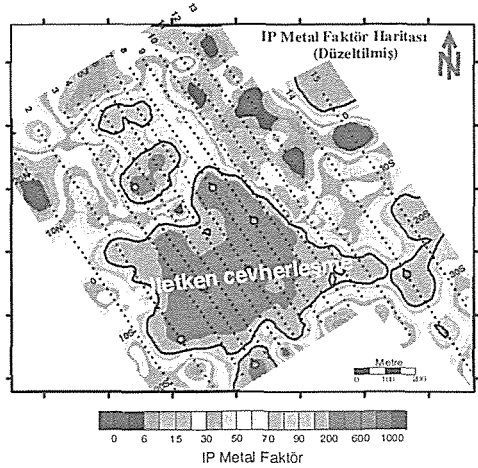
Şekil 8. Arazi ham verilerinden hazırlanmış IP metal faktör haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar cevherleşme ile ilişkilendirilebilecek polarizasyon alanlarını işaret eder.

3.4 Elektrod Etkisinin Giderilmesi İşlemlerinin Uygulanması, Görüntüleme ve Sonuçlar

Arazide çeşitli koşullarda alınan IP ölçülerindeki elektrod etkisini önemli şekilde azaltan ve hatta ortadan kaldıracak düzeltme tekniği dipol - dipol dizilim kullanılarak ve 45° lik eğim düzenine göre hazırlanmış (normal çizim) andıran kesitlere uygulanmıştır. Düzeltme işleminin gereği olarak her bir n-aralığına karşılık gelen düzeylerdeki IP ve öz direnç parametre değerlerinin cebirsel ortalamaları alınmıştır. Elde edilen ortalama değer, işleme katılan yerlerin diziliş konumlarının ortasına daha sonra atandı. $n = 1$ düzeyindeki değer, bu işlem sırasında herhangi bir değişikliğe uğramadan aynen kalmıştır. Diğer yandan, IP kontur haritasının hazırlanmasında yararlanılacak anomali değeri ise üst üste gelmiş olan süzülmiş değerlerin ortalaması alınarak bulunmuştur. Süzgeçleme işlemi sırasında andıran kesidin her iki yanında veri eksikliği ile karşılaşıldığında, çalışılan noktanın yanında bulunan değer; IP veya öz direnç değeri, parametre değeri bulunmayan diğer yandaki noktaya simetrik şekilde yansıtılmış ve düzeltme işlemine böylelikle devam edilmiştir. Kullanılan düzeltme işlemi aslında çapraz çizim (mixed plotting) diye adlandırılabilir. Bu işlem diğer yandan bir alçak geçişli süzgeçleme işlemine eşdeğerdir. Şekil 6, 7 ve 8 de verilen ham-arazi değerlerinin bulunduğu toplam 15 andıran kesitte çapraz çizim tekniği uygulanmış ve elde edilen yeni değerlerden mevcut saha için yeniden haritalar çizilerek Şekil 9, 10 ve 11 de verilmiştir.

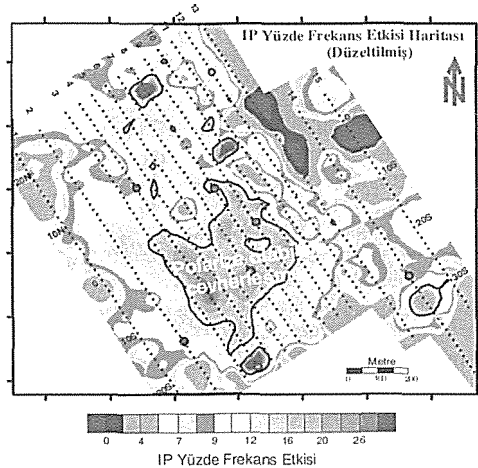


Şekil 9. Elektrod etkisi giderilmiş IP Görünür öz direnç haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar düşük öz direnci simgeler.



Şekil 10. Elektrod etkisi giderilmiş verilerden hazırlanmış IP metal faktör haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar cevherleşme ile ilişkilendirilebilecek polarizasyon alanlarını işaret eder.

Yapılan hesaplama ve süzgeç katsayısı belirlemede süzgecin ağırlık katsayılarının her bir n - düzeyindeki toplamı bir'e eşittir. Burada her n - düzeyine ait belirlenen katsayıların toplamının bir (1)'e eşit olması gerektiği unutulmamalıdır. Bu düzeltme işleminden sonra değerlerde azalma oluşmasına rağmen düzensiz kapanımların ortadan kalktığı gözlenmiştir.



Şekil 11. Elektrod etkisi giderilmiş verilerden hazırlanmış IP yüzde frekans etkisi (PFE) haritası. Sürekli çizgi ile belirtilen kısımlar cevherleşme ile ilişkilendirilebilecek polarizasyon alanlarını işaret eder.

4 SONUÇLAR

Düzeltilmiş haritalarda 400 – 1000 ohm-m öz dirençleri ile simgelenen alanın andezitik tuf ve şeyl bantlı arkoz birimlerini işaret ettiği söylenebilir. Diabaz ve şeyl-arkoz bantlı kuvarsitler ise sırasıyla 30-120 ohm-m ve 50-200 ohm-m değerleri ile karakterize edilmektedir. Dasitik tuf-kuvarsit birimlerinin ayrıca 150-500 ohm-m gibi yüksek değerlerin yer aldığı alanlarda yayılı olduğu yorumunu yapmak yanlış olmayacaktır. Düzeltme işlemlerinden sonra iyileştirilmiş IP verisi maden polarizasyon zonunu sahadaki gerçek bulgularla örtüşecek bir görüntüyü ortaya koymaktadır. Genel karakter olarak Şekil 9, 10 ve 11 de gösterilen haritaların ortak yorumuna bakılarak cevherleşme zonuna ait bilgi notu haritalarda gösterilmiştir. Sahada bu bölgeye önerilebilecek bir sondaj ile cevherleşmeye ulaşılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Bertin, J., Loeb, J., 1976. Experimental and Theoretical Aspects of Induced Polarization. Volume I: Presentation and Application of the IP Method. *Case Histories Gebrüder Borntraeger*, Berlin.

- Çağlar, İ., 1991. IP faz verilerinden elektromanyetik kuplaj etkisinin giderilmesi, *Maden Tetkik ve Arama (MTA) Dergisi* 112, 141-147.
- Çağlar, İ., 2000. A method to remove electromagnetic coupling from induced polarization data for an "exponential" earth model, *Pure and Applied Geophysics (PAGEOPH)*, 157, 1729-1748.
- Dahlin, T., Leroux, V., Nissen, J., 2002. Measuring techniques in induced polarisation imaging, *Journal of Applied Geophysics*, 50, 279– 298
- Loke, M.H., Chambers, J.E., Ogilvy, R.D., 2006. Inversion of 2D spectral induced polarization imaging data, *Geophysical Prospecting*, 54, 287–301
- Pelton, W.H., Ward, S.H., Hallof, P.G., Sill, W.R., Nelson, P.H. 1978. Mineral discrimination and the removal of inductive coupling with multifrequency IP, *Geophysics* 43, 588–609.
- Sumner, J.S., 1976. Principles of Induced Polarization for Geophysical Exploration, *Developments in Economic Geology*, 5. Elsevier Sci. Publ. Co., Newyork. 277 pp
- Vanhala, H., Peltoniemi M. 1992. Spectral IP studies of Finnish ore prospects, *Geophysics* 57, 1545–1555.
- Van Voorhis, G.D., Nelson P.H., Drake, T.L. 1973. Complex resistivity spectra of porphyry copper mineralization, *Geophysics* 38, 49–60.

Erzurum Bölgesi Pomza Oluşumları ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Endüstriyel Olarak Kullanımı

L. Gündüz, N. Şapcı & M. Bekar

Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, ISPARTA

M. İsker

KaleBlokBims A.Ş., Pasinler-ERZURUM

ÖZET: Pomza taşının farklı endüstri alanlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu malzemeler, genellikle inşaat yapı sektöründe, hafif yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ancak, kimyasal bileşimleri ve yapısal oluşum özellikleri itibarıyla, kullanım alanları da genişlemektedir. Bu bildiri, Erzurum-Pasinler ve civarında oluşumu bulunan pomza örnekleri üzerinde yapılan bir araştırmanın bulgularına göre, inşaat sektöründe bu malzemelerin doğal hafif agrega veya yalıtım amaçlı hafif yapı elemanı olarak kullanılabilirliği için bilinmesi gereken teknik özellikler irdelenmiştir. Ayrıca, bu pomza oluşumlarının, Doğu Karadeniz Bölgesinde özellikle inşaat endüstrisinde kullanılabilirliği üzerine yapılan bir çalışmanın değerlendirmesi de verilmiştir.

ABSTRACT: The usage of lightweight pumice aggregate shows a gradually rising trend in different industrial areas. In majority, they are used as a lightweight building material in civil structuring sector. However, their usage areas are getting world wide based on their chemical components and also structural formation status. In this paper, according to the research findings carried out on the pumice material of Erzurum-Pasinler Region, the technical properties of these materials to be known in the construction industry were evaluated to use them as a natural lightweight aggregates or lightweight building elements for the aim of insulation. In addition, evaluation of a research work on these pumice formations was also presented for the usability of these materials in East Black Sea Region at specially building industry.

1 GİRİŞ

Yapı ve beton sektöründe hafif agrega kullanımının önemi, ülkemizde yaşanan elim deprem olayları sonucu daha da iyi anlaşılmalı başlanmış, çoğu beton üreticisi hafif ve doğal malzemelerin beton endüstrisinde farklı amaçlarla kullanımı üzerine ArGe çalışmalarına başlamıştır.

Ülkemizde hafif ve doğal agrega olarak kullanılacak malzemeler arasında, farklı yörelerde bulunan pomza oluşumları, volkanik cüruf oluşumları, diatomit ve perlit oluşumlarını sayabilmek mümkündür. Ancak, bu doğal yapıya sahip kayaların, mühendislik açısından ve endüstriyel anlamda bir dizi özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bu bakımdan, ilgili TS ve ASTM standartlarında öngörülen prensipler çerçevesinde, bu tür malzemeler üzerinde bir seri deneysel analiz çalışmaları yapılarak, sektörel alanda kullanılabilirlik kriterlerinin tanımlanması ve yorumlanması gerekmektedir.

Ülkemizde Doğu Anadolu Bölgesi, Erzurum-Pasinler civarında geniş oluşum ve dağılımları

gözlenen ve halen endüstriyel olarak yapılan tesis yatırımları ile inşaat sektöründe hafif yapı elemanları üretiminde değerlendirilen pomza rezervlerinin kullanımı üzerine bir dizi ArGe çalışması yapılmıştır. Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi, Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi ve sektör işbirliğinde gerçekleştirilmiş olup, farklı tasarımlarda üretilen bimsbetondan mamul boşluklu hafif yapı elemanlarının teknik özellikleri incelenmiştir.

Sektörel olarak bu ürünlerin büyük bir kısmı Doğu Karadeniz bölgesindeki yapılaşmalarda ısı ve ses yalıtım elemanı duvar blokları olarak kullanılmaktadır. Bu makalede, Erzurum-Pasinler bölgesinde yer alan pomza oluşumları ve bunların Doğu Karadeniz Bölgesinde yapı sektöründe kullanımına yönelik teknik detaylar ve analizler sunulmaktadır. Ayrıca, doğal endüstriyel bir hammadde olarak bu bölge pomza oluşumlarının, doğal hafif agrega olarak inşaat endüstrisinde değerlendirilebilirliğine ilişkin detaylar da tartışılmıştır.

2 ERZURUM BÖLGESİ POMZA OLUŞUMLARI

Erzurum Bölgesi ve özellikle Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan volkanizma faaliyetleri sonucu oluşmuş olan volkanik birimler üzerine birçok araştırmacı değişik zamanlarda incelemelerde bulunmuştur. Pasquare (1970), Dumanlıdağ dolaylarında, volkanik etkinliğin andezitik-bazaltik fissür tipte strato volkanizmayla başlayıp, riyodasit ve dasitik domlar ve bazaltik fissür lavlarla sonlandığını rapor etmiştir. Tokel (1979), Kargapazarı dağı dolaylarında çoğunlukla olivin bazalt, toleyitik piroksen bazalt, andezit, mujearit, trakit türde lavlar, yer yer de ignimbrilerin etkin olduğunu tanımlamıştır.

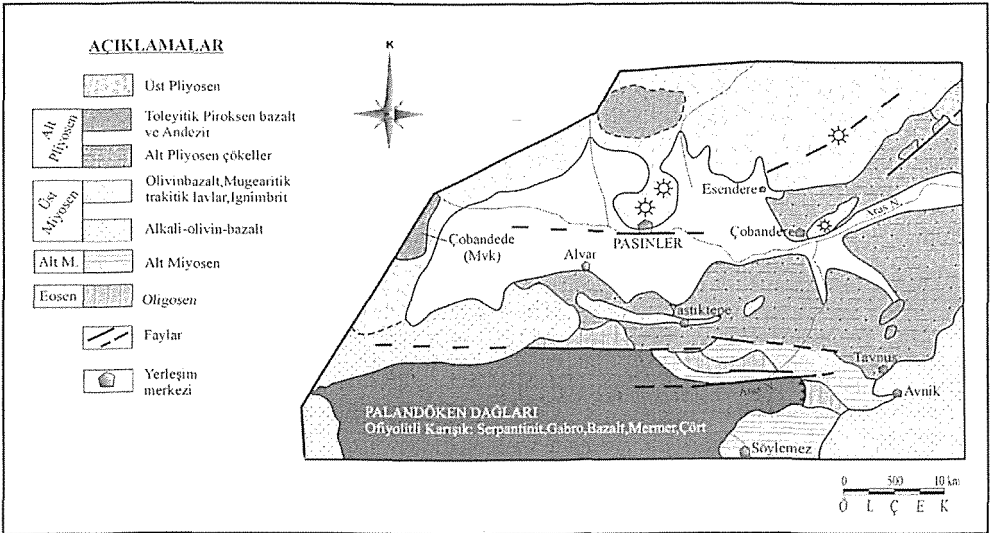
Innocenti ve arkadaşları (1982), Erzurum-Çat-İspir-Aşkale arasında üst Miyosen yaşlı, genellikle kalkalkalin, kısmen de toleyitik ve alkalin nitelikte ve bazalttan-riyolite doğru uzanan geniş bir aralıkta bileşim gösteren, yer yer de piroklastiklerin egemen olduğu bir volkanizmanın yer aldığını ve en çok 800 m kalınlığa ulaştığını belirtmişlerdir.

Bilgin (1984,1987), bölgede yaptığı çalışmalarda, Gavurdağları dolaylarında bazalt, andezit, dasit ve riyolit türde lavlar ve piroklastiklerin yer aldığını

belirlemiştir. Bayraktutan (1987), incelemesinde, Tekman dolaylarında üst Miyosen volkanizmasından daha sonra, büyük olasılıkla Pliyosende bazaltik lavların oluştuğunu analiz etmiştir.

Erzurum bölgesi pomza oluşumları, Erzurum-Kars platosunun çarpışma kökenli volkanizmasına bağlı olarak gelişmiş ve genellikle ignimbritik seriler içerisinde parçalı ve taneli yapıda yer yer gözlenen serilerden meydana gelmiştir. Özellikle Pasinler'in kuzeyinde Kargapazarı Dağı alanında ve Büyükdere ile Harabedere Vadilerinde Beyaz ve Gri ignimbrtik fasiyesleri içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1).

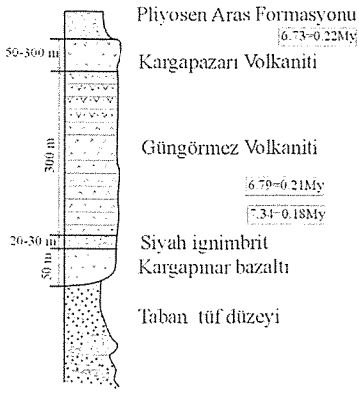
Kargapazarı dağı alanı, Erzurum'un kuzeyinde, Dumlu dağı yükselimi ile doğudaki Pasinler platosu arasındaki alanda, KD-GB doğrultusunda 15-16 km' ye kadar uzanan ve 2800-3000 m yüksekliğindeki zirvelerden oluşan sırt şeklindeki yükselti, Kargapazarı dağı silsilesi olarak bilinmektedir. Erzurum ovasını Pasinler'den bir duvar gibi ayıran bu sırt, 15-16 km uzunluğunda ve 3-5 km eninde, 10-15° ile güneydoğuya eğimli, aşınmaya dayanımlı olivinli bazaltik ve andezitik lavların en üst seviyesini oluşturduğu dar, uzun ve yüksek bir plato niteliğindedir (Keskin, 1998).



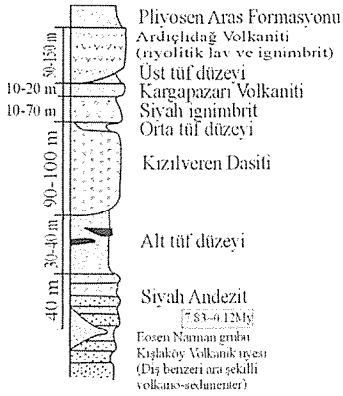
Şekil 1 Erzurum bölgesi pomza oluşumları jeolojik haritası (Tokel, 1979).

Büyükdere (Kurnuç) vadisi dolaylarında taban tüt düzeyinin hemen tümünü piroklastik akıntılar oluşturmakta olup, istif içinde piroklastik akıntı ürünlerinin döküntü ürünlerine oranı, Karakale-Pertek fayından doğuya, Harabedere vadisine doğru gidildikçe azalmaktadır. Büyükdere vadisi boyunca ve özellikle bu vadinin ovaya yakın 300-350 m derinlikteki dik doğu yamacında, kalınlıkları 100

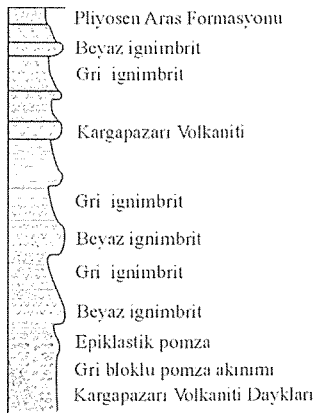
m'ye ulaşan 3-4 adet piroklastik akıntı üniteleri oldukça belirgin mostralar halinde görülebilmektedir. Piroklastik akıntı ünitelerinden her biri, kendi içinde rengi, kaynaklanma derecesi, iç yapısı ve dokusu ile birbirinden farklı "Beyaz" ve "Gri İgnimbrtik" fasiyesleri olmak üzere iki fasiyes ayrılabilir (Şekil 2, Şekil 4) (Keskin, 1998).



Şekil 2. Kargapazarı Dağı Alanı volkano-stratigrafik kesiti (Keskin, 1998).



Şekil 3. Harabedere Vadisi volkano-stratigrafik kesiti (Keskin, 1998).



Şekil 4. Büyükdere Vadisi volkano-stratigrafik kesiti (Keskin, 1998).

Beyaz ignimbrit, piroklastik akıntıların esas malzemesini oluşturan bol vesiküllü pomzanın, üstteki yükün etkisiyle taban kesimlerinde sıkışarak kaynaklanması sonucunda meydana gelmiştir. Birim, taban tüf düzeyinin yaklaşık %25-30'unu oluşturmaktadır. Beyaz ignimbrit içinde çok sayıda ve mm'den birkaç metreye kadar ulaşan boyutta akma kıvrımlanmaları ve 1-10 cm boyutlarında değişim gösteren yığılım şeklinde oluşmuş pomza taneleri yer almaktadır.

Akma ünitelerinin tabanına yakın kesimler, kompaksiyonun en yoğun olduğu yerlerdir (Keskin, 1998). Bu ignimbrit serileri içerisinde yer alan yüksek gözenekliliğe sahip ve endüstriyel olarak değerlendirilebilen pomza oluşumlarının yığılımı Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. İgnimbrit serileri içerisinde yer alan pomza oluşumları

Bu düzeylerde aynı zamanda yoğun obsidyen bantları da görülmektedir. Beyaz ignimbrit, üste doğru giderek gri ignimbrite geçiş göstermektedir. Gri ignimbrit, oldukça gözenekli, masif, tümüyle camsı gri renkli pomzadan oluşmaktadır. 1-2 mm'lik çap değerinde boşluklar içeren pomza aynı zamanda kırılğan bir yapıda sergileyebilmektedir.

İstifte daha az oranda bulunan piroklastik döküntü birimleri ise, genel olarak beyaz ve grimsi beyaz renklerde birkaç mm'den 2-3 cm'ye kadar değişen farklı boyutlarında küçük boşluklu pomzanın oluşturduğu düzeylerden meydana gelmektedir (Keskin, 1998).

Pomza oluşumları, açık ocak çalışmakta olup, delme patlatma yapılmaksızın bir lastikli yükleyici ile kazılmakta ve ocak alanında tesis edilmiş olan bir primer kırıcıdan geçirilerek, boyutlandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Pomza oluşumlarının Pasinler bölgesinde yer alan ocak işletmesi, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Pomza oluşumlarının açık ocak işletmesi şeklinde çalışılması.



Şekil 7. Pomza oluşumlarının açık ocak işletmesinde işlenmesi.

3 PASİNLER POMZA AGREGA ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada incelenen Erzurum-Pasinler pomza agrega örnekleri, Pasinler Bölgesinde faaliyet gösteren KALEBLOKBİMS A.Ş.'ne ait pomza ocaklarından sağlanmıştır. Ocaklardan alınan pomza örnekleri, primer bir kırıcıda kırıldıktan sonra, 32 mm'lik bir elekten elenerek daha sonrasında 32 mm altında farklı tane boyutlarında sınıflandırılmıştır. Pasinler bölgesindeki pomza ocaklarından alınan bu örneklerinin endüstriyel hafif agrega olarak değerlendirilebilirliğine ilişkin aşağıda belirtilen analizler, Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi (POMZAMER) Laboratuvarlarında TS 1114 EN 13055-1:2004 standardının öngördüğü prensipler çerçevesinde yapılmıştır:

- Malzeme Yapısı ve Tanımı,
- Özgül Ağırlık ve Birim Ağırlık Analizi,
- Yabancı Taş (Gang) Oranı Tayini,
- Organik Maddeler Analizi,
- Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometrik Bileşim),
- Killi Maddeler Analizi.

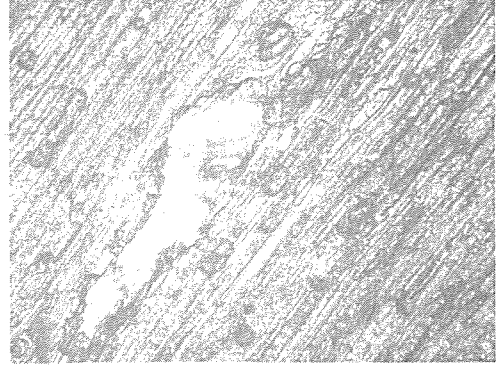
Bu değerlendirmelerde elde edilen bulgular özetle aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.

3.1 Malzeme Yapısı ve Tanımı

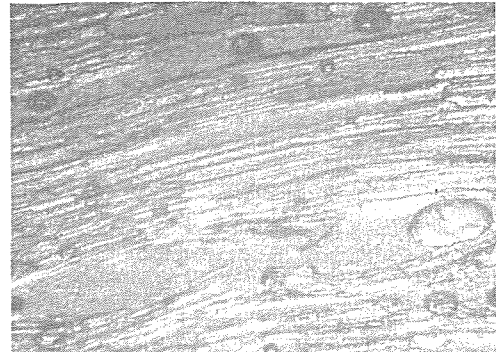
Pasinler bölgesi pomza agrega örneklerinin yapısal incelemesine göre, agrega yapısının volkanik cam matrisinden ve boşluklardan oluştuğu görülmüştür. Kayacın büyük bir kısmı, bu cam hamurundan oluşmaktadır. Bünyesinde serbest kuvars kristallerine rastlanmamaktadır. Kayaç oldukça poroz bir yapıya sahip olup, boşluk yapıları yassı ve birbirine bağıntısızdır. Kayacın bazı kesimlerinde gözeneklerin birbirine paralel olduğu da gözlenmektedir (Şekil 8). Mikroskobik incelemede, hamur içerisinde az miktarda opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 9). Kayaç, riyodasit özellikle bir kayaç olarak tanımlanabilmektedir.

3.2 Özgül Ağırlık ve Birim Ağırlık Analizi

Pomza agrega örneklerinin özgül birim ağırlık analizi, piknometre yöntemine göre yapılmış olup, deneysel bulgular Çizelgel'de verilmiştir.



Şekil 8. Kayaç yapısının gözenekliliği.



Şekil 9. Kayaçtaki kama yapısı ve opak mineraller.

Çizelge 1. Pomza agregası örneklerinin özgül ağırlık analizi.

Numune No	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)
1	2,36
2	2,42
3	2,29
Ortalama	2,39

Elde edilen analiz bulgusuna göre, pomza agregası örneklerinin ortalama özgül ağırlık değeri, pomza agregaları için genelde bilinen özgül ağırlık değerlerine (2.1 – 2.7 gr/cm³) benzer olduğu görülmüştür. Pomza ocağından alınmış ve primer kırıcı sonrası pomza agregası örneklerinin birim hacim ağırlık (BHA), kuru birim hacim ağırlık (KBHA) ve doğal nem değerleri de Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Pomza agregalarının birim ağırlık ve doğal nem değerleri.

Numune No	BHA (kg/m ³)	KBHA (kg/m ³)	Nem Miktarı (%)
1	594,89	537,67	10,64
2	566,44	485,94	16,57
3	557,06	518,59	7,42
Ort.	572,80	514,07	11,54

Bu verilere göre, Erzurum-Pasinler pomza agregası örneklerinin kuru durumda oldukça hafif bir agregası olarak nitelendirilebileceği görülmektedir.

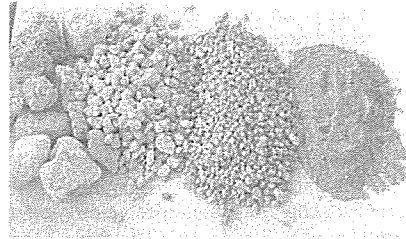
3.3 Yabancı Taş Oranı (Gang Analizi)

Pomza agregası örneklerinin yabancı taş oranı tayini ağırlıkça ve hacimce oran olarak belirlenmiştir. Ağırlıkça yabancı taş oranı % 13.70 ve hacimce gang oranı ise % 8.42 olarak belirlenmiştir. Bu değerler göstermektedir ki, pomza oluşumu bünyesinde yabancı taş oranı yüksek sayılabilecek ölçütlerde değildir, ancak kısmi bir zenginleştirme yapılması durumunda pomza agregası malzemenin daha da hafifleyeceği muhakkaktır.

3.4 Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granitometrik Bileşim)

Primer kırıcı sonrası pomza yığışımından alınan agregası örneklerinden beş adet elek analizi yapılmış olup, ortalama değerler Çizelge 3’de verilmiştir.

Elek analiz verileri irdelendiğinde, tane boyut aralığının 1-4 mm arasında yoğunlaştığı, 8 mm üzeri boyut oranının ise oldukça düşük olduğu görülmüştür. İri pomza agregası oranının düşük olması sebebiyle, özellikle bimsbeton yapımında hazırlanacak reçetelerin bu boyut aralığına göre düzenlenmesi gerekecektir. Boyutlandırılmış pomza agregası örneklerinin genel görünümü Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Boyutlandırılmış pomza agregası örnekleri.

3.5 Organik Maddeler Analizi

Bimsbeton üretiminde kullanılacak agregaların bileşiminde, organik maddelerin bulunması, çimentonun yapısını etkileyerek bağlayıcılık özelliğinin zayıflamasına neden olmasından dolayı, arzu edilen bir durum değildir. %3'lük NaOH ile yapılan standart deneyde 24 saat sonra agreganın aldığı açık sarı-koyu kırmızı renklere göre karar verilmekte ve kırmızından sonraki renkler organik madde bakımından zengin malzeme bileşimini simgelemektedir. TS 3673’de belirtilen prensiplere göre Erzurum-Pasinler pomza agregası taneleri üzerinde yapılan organik madde içeriği analizlerinde, organik maddelere rastlanmamıştır.

3.6 Killi Maddeler Analizi

Agregası bileşiminde %3 kil bulunması, betonun mukavemetini %50 oranında azalttığından, yapılan standart deneylerde kil/agregası yükseklik oranının 1/14’den veya ağırlıkça %3’den büyük olmaması arzu edilir. Zenginleştirilmiş ve boyutlandırılmış olarak elde edilen pomza agregası örnekleri üzerinde yapılan kil içeriği analizlerinde, Erzurum-Pasinler bölgesi pomza örnekleri bileşiminde standart değerin üzerinde bir kil içeriğine rastlanmamıştır.

4 PAŞINLER POMZA AGREGALI HAFİF BETON ANALİZİ VE BİMSBETON ELEMANLARI

KALEBLOKBİMS A.Ş.’ne ait Pasinler bölgesindeki işletmeden elde edilen 0-16 mm boyutlu pomza agregaları ile hafif yapı elemanı blokların elde edilmesi amacıyla bir dizi deneysel inceleme SDÜ-POMZAMER Laboratuvarlarında TS 3234 standardının öngördüğü prensiplere göre yapılmıştır. Bu incelemede, 0-16 mm olarak kırılmış Pasinler pomzası ve yine aynı bölgeden elde edilmiş 0-2 mm Perlitik özellik gösteren toz pomza agregaları belirli oranlarda karıştırılarak, bimsbeton üretimi üzerine deneysel çalışmalar sürdürülmüştür. Bu çalışmada, 150, 160, 170, 185 ve 195 (kg/m³) çimento dozajında hafif bimsbeton örnekleri vibrasyon + presleme ünitesinde kuru karışım kıvamında farklı

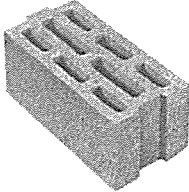
karışım kombinasyonlarında dökülmüştür. Burada, yalnızca özetle 185 doz olarak hazırlanan bimsbeton örneklerine ait veriler sunulmuş olup, bu bimsbeton analizlerinde öncelikle en optimum karışım kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla, hazırlanan beton örnekleri 10x10x10 cm lik standart küp numuneleri olarak elde edilmiş ve normal ortam koşullarında doğal kürlenme işlemine tabii tutulmuştur. Bu küp numunelerden elde edilen veriler ışığında, TS 2823 ve TS EN 771-3

standartlarına uygun olarak tasarlanan boşluklu geometriye sahip blok elemanlarının ön değerlendirmesi amaçlanmıştır. Genellikle tesislerde üretilen blok elemanları, imalattan en az 14 gün sonra satışa sunulması ve dolayısıyla üretim sonrası 14. günde kurutmaya tabii tutulmadan kullanıcıya sevk edilebilmesi nedeniyle, blok elemanlarının analizini de 14. günde sağladığı teknik parametreler bakımından analiz edilmesi daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Çizelge 3. Pomza agregası örneğinin elek analizi.

Elek Açıklığı (mm)	Deney Sırasında		Hesaplanan	
	Elek Üstünde Kalan (gr)	Elek Üstünde Kalan Kümülatif (gr)	Elek Üstünde Kalan (%)	Elekten Geçen (%)
-32+16	119,33	119,33	10,38	89,62
-16+8	500,00	619,33	53,87	89,62
-8+4	287,33	906,67	78,86	46,13
-4+2	70,33	977,00	84,98	21,14
-2+1	26,33	1003,33	87,27	15,02
-1+0,5	17,67	1021,00	88,81	12,73
-0,5+0,25	14,67	1035,67	90,08	11,19
-0,25+0,125	21,00	1056,67	91,91	9,92
-0,125+0,063	19,67	1076,33	93,62	8,09
-0,063	73,33	1149,67	100,00	6,38

Bu bağlamda elde edilen küp numunelerin, 7. ve 14. günde birim ağırlık ve mukavemet değerleri belirlenmiş olup, boşluklu bir blok elemanın teknik değerlerinin ne olabileceği hususunda kestirimlerde bulunulmuştur. Buradaki ön analizlerde kullanılan blok elemanın genel formu Şekil 11'de gösterilmiştir. Bu irdelemede, özellikle blok elemanı olarak 190x390x185 mm boyutlarında 3 sıra boşluklu ve lamba zıvanalı geometriye sahip blok elemanın sağlayabileceği değerler bakımından bir değerlendirme yapılmıştır. Blok elemanının 14. günde yaş birim ağırlık değeri, sağlayacağı mukavemet, birim ağırlık sınıfı, ısı iletkenlik değeri ve duvar örgüsü sonrası ısı geçirgenlik direnci gibi teknik parametreler hesap yöntemine göre kestirimi yapılmıştır.



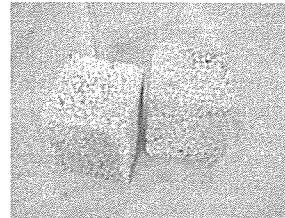
Şekil 11. Analizlerde kullanılan boşluklu ve lamba zıvanalı blok elemanı formu.

Pomza agregaları ile elde edilebilecek blok elemanları için yapılan ArGe çalışmasında alternatif karışım kombinasyonları için 3 ayrı karışım oranı analiz edilmiş olup, karışım değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Pomza agregalı blok elemanları için karışım kombinasyonu analizi.

Agrega	Karışım		
	K1	K2	K3
0-16mm Pasinler Pomzası	%80	%70	%60
0-2mm Perlitik Pomza	%20	%30	%40
Çimento Dozajı (kg/m ³)	185	185	185

Toplam üç serilik bir karışım kombinasyonunda dökülen küp örneklerinin 7 ve 14. günlerde birim ağırlık ve dayanım değerlerine ilişkin bulgular Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Kuru karışım olarak elde edilmiş pomza agregalı hafif beton örneklerinin 14 gün kür sonrası genel görünümü Şekil 12'de gösterilmiştir. Ayrıca, elde edilen bu veriler ışığında, 14 gün kür sonrası yukarıda tanımlanan blok elemanı geometrisi için tahmini blok değerleri hesap yöntemlerine göre analiz edilmiş olup, parametrik bulgular Çizelge 7'de verilmiştir.



Şekil 12. Pomza agregalı kuru karışım beton örnekleri genel görünümü.

Çizelge 5. Pomza agregalı örneklerin 7 gün kür sonrasında analiz değerleri.

Malzeme	Karışım Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Ortalama BHA (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama Dayanım (kg/cm ²)
0-16 Pasinler Pomzası	67,2	1072,23		60,22	
0-2 Perlitik Pomza	16,8	906,95	961,03	41,00	45,58
42,5 Portland Çimento	16,0	903,92		35,53	
0-16 Pasinler Pomzası	58,8	992,36		50,31	
0-2 Perlitik Pomza	25,2	983,71	988,37	46,62	48,12
42,5 Portland Çimento	16,0	989,03		47,42	
0-16 Pasinler Pomzası	50,4	1110,56		60,94	
0-2 Perlitik Pomza	33,6	952,56	1016,07	47,35	50,06
42,5 Portland Çimento	16,0	985,10		41,91	

Çizelge 6. Pomza agregalı örneklerin 14 gün kür sonrasında analiz değerleri.

Malzeme	Karışım Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Ortalama BHA (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama Dayanım (kg/cm ²)
0-16 Pasinler Pomzası	67,2	909,24		40,22	
0-2 Perlitik Pomza	16,8	906,49	918,60	47,68	47,93
42,5 Portland Çimento	16,0	940,08		55,88	
0-16 Pasinler Pomzası	58,8	958,30		54,67	
0-2 Perlitik Pomza	25,2	949,66	953,09	57,03	54,87
42,5 Portland Çimento	16,0	951,33		52,91	
0-16 Pasinler Pomzası	50,4	921,23		52,14	
0-2 Perlitik Pomza	33,6	990,63	974,09	55,83	59,41
42,5 Portland Çimento	16,0	1010,39		70,26	

Çizelge 7. Blok elemanın tahmini değerleri (14 gün kür sonrası).

Malzeme	Birim Ağırlık (kg)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk (dB)	Ateşe Dayanım (dak.)
0-16 Pasinler Pomzası						
0-2 Perlitik Pomza	9,29	678	36,14	0,194	47	252
42,5 Portland Çimento						
0-16 Pasinler Pomzası						
0-2 Perlitik Pomza	9,55	697	38,19	0,207	48	252
42,5 Portland Çimento						
0-16 Pasinler Pomzası						
0-2 Perlitik Pomza	9,82	716	39,73	0,212	48	252
42,5 Portland Çimento						

Bu çizelgelerden de görüleceği gibi, uygulanan her üç kombinasyondan elde edilen veriler, bu malzeme ve karışım oranlarının rahatlıkla boşluklu

blok elemanlarının üretiminde kullanılabileceğini ve birim ağırlıkları düşük, hafif ve yalıtımlı duvar blok elemanlarının üretilebileceğini göstermektedir.

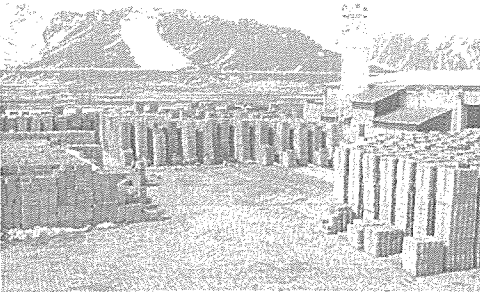
5 DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE POMZA AGREGA VE BİMSBETON ELEMANLARIN ENDÜSTRİYEL KULLANIMI

Erzurum-Pasinler bölgesinde jeolojik ignimbrit serileri içersinde yer alan pomza oluşumları, Doğu Karadeniz bölgesinde inşaat endüstrisinin birçok alanında doğal ve hafif agrega olarak kullanılabilir özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu kullanım yerleri genellikle;

- Hafif yapı elemanları üretimi,
- Prefabrike yapı elemanları üretimi,
- Çatı ve dekoratif kaplama elemanları,
- Hafif hazır sıva ve harç üretimi,
- Hafif beton üretimi,
- Çatı ve döşeme izolasyon dolgusu,
- Döşeme taşı üretimi,
- Peyzaj mimarisinde doğal agrega,
- Hafif lento imalatı gibi alanlar sıralanabilmektedir.

Erzurum-Pasinler bölgesinde faaliyet gösteren KALEBLOKBİMS A.Ş. tesisinde (Şekil 13), yukarıdaki ön değerlendirmeleri sunulan analiz verileri, endüstriyel olarak kullanılan blok elemanı boyutlarında üretimleri yapılarak, nihai ürün değerlendirmeleri de detaylandırılmıştır. Blokların üretimi yarı otomasyon sistemine sahip tesiste mekanize olarak üretilmiş ve doğal ortam kürlenmesi yapılmıştır (Şekil 14 ve Şekil 15).

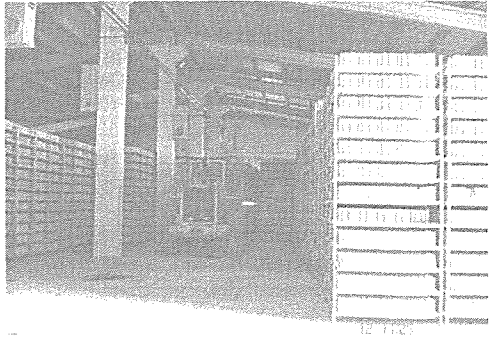
Çalışmanın bu aşamasında ise 4 farklı ürün boyutuna sahip blok elemanı ele alınmış ve boşluklu duvar bloklarının teknik değerlerine göre, Doğu Karadeniz Bölgesinde inşaat endüstrisinde hafif yapı elemanı olarak kullanımları analiz edilmiştir. Bu analizlerde kullanılan blok boyutları ve ürün formları Şekil 16'da gösterilmiştir.



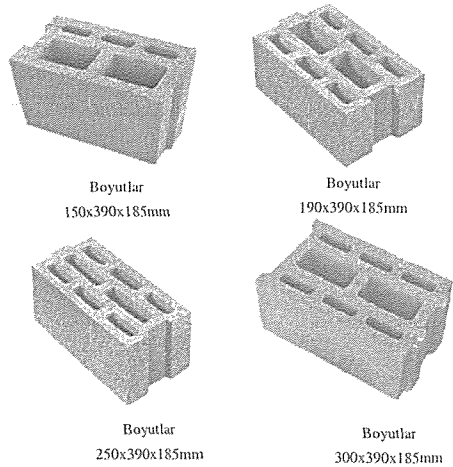
Şekil 13. Pasinler bölgesinde üretim yapan tesisin genel görünümü (KALEBLOKBİMS).



Şekil 14. Blok elemanların yarı otomasyon ünitesinde üretimi (KALEBLOKBİMS).



Şekil 15. Blok elemanların doğal ortam koşullarında kürlenmesi (KALEBLOKBİMS).

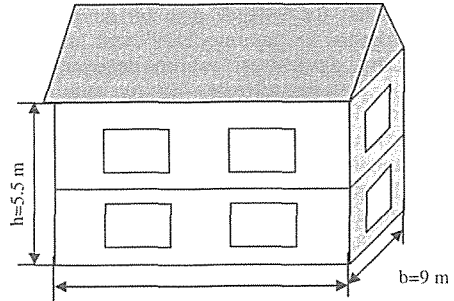


Şekil 16. Duvar elemanı blokların ürün formları.

0-16 mm Pasinler bölgesi pomza agregaları, 0-2 mm perlitik pomza ve 185 doz çimento ile üretilen boşluklu duvar bloklarının teknik özellikleri deneysel metotlarla analiz edilmiş olup, bulgular Çizelge 8'de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi, Pasinler bölgesi pomza agregaları ile üretilen boşluklu duvar blokları, dayanımları yüksek, sıcaklığa karşı yüksek dirençli ve binalarda ısı ve ses yalıtımı amaçlı kullanılabilir blok elemanlarını simgelemektedir. Ayrıca, birim ağırlıklarının oldukça düşük olması nedeniyle, deprem kuşağı üzerinde bulunan yerleşim yerlerinde, binaların öz ağırlıklarını düşürmede değerlendirilebilecek kaçınılmaz duvar elemanları olabilecektir.

Doğu Karadeniz bölgesindeki illerde, bu çalışmada ele alınan bimsbetondan mamul boşluklu duvar blok elemanlarının ısı yalıtım amaçlı binalarda kullanımı üzerine de ayrıca bir değerlendirme analizi yapılmıştır. Bilindiği gibi, 14 Haziran 1999 tarihinde 23725 sayılı Resmî gazetede yayınlanan ve halen yürürlükte olan TS 825/Nisan 1998 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" başlıklı standart tebliğinde, Türkiye dört ayrı ısı bölgesine ayrılmış olup, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan illerden Trabzon, Rize ve Giresun II. Derece gün bölgesinde, Artvin III. Derece gün bölgesinde ve Gümüşhane ile Bayburt'da IV. Derece gün bölgesinde yer almaktadır. Özellikle bu illerde bimsbetondan mamul blok elemanlarının farklı boyutlarda standardın öngördüğü prensipler çerçevesinde ısı

yalıtımı açısından yeterlilik dereceleri ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bu olguyu daha iyi etüt etmek amacıyla, TS 825/Nisan 1998 standart tebliğinde yer alan model bina örneği (Şekil 17), duvar yüzeylerinde yalıtım malzemesi kullanmaksızın ele alındığında, yukarıda tanımlanan blok elemanları için binanın özgül ısı kayıpları ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanarak, blok elemanı ve dış cephede yalıtımlı sıva kullanımıyla bir binanın ısı yalıtımına olan katkısı her derece gün bölgeleri için analiz edilmiştir. Analiz bulguları Çizelge 9'da verilmiştir.



Şekil 17. Bimsbetondan mamul boşluklu duvar blokları ile örülen duvarın ısı yalıtım analizi için bina modeli.

Çizelge 8. Bimsbetondan mamul boşluklu duvar bloklarının teknik özellikleri.

	Birim Ağırlık (kg)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)	Basınç Dayanım Değeri (kg/cm^2)	Isı İletkenlik Değeri (W/mK)	Ses Yutuculuk Değeri (dB)	Ateşe Dayanım Süresi (saat)
150x390x185	7,10	656	32,43	0,194	39	3,44
190x390x185	8,50	620	28,34	0,188	42	4,68
250x390x185	11,50	637	30,18	0,205	48	6,85
300x390x185	13,00	601	27,08	0,235	53	8,11

Çizelge 9. Bimsbetondan mamul boşluklu duvar bloklarının bina modeli için ısı yalıtımı analizi.

Blok Elemanı Boyutu (mm)	Örgü Harcı ve Sıva	Binanın Toplam Özgül Isı Kaybı (W/K)	Kullanım Alanı Başına Düşen Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kwh/m^2)	Olması Gereken En Büyük Isı Kaybı (kwh/m^2)	Doğu Karadeniz Bölgesinde Isı Yalıtımı Yeterli Olan İller
190x390x185	Hafif Örgü Harcı + Yalıtımlı Sıva	320,24	76,77	86,20	Trabzon, Rize, Giresun
250x390x185	Normal Örgü Harcı + Yalıtımlı Sıva	314,80	74,98	86,20	Trabzon, Rize, Giresun
			100,89	103,04	Artvin
300x390x185	Normal Örgü Harcı + Yalıtımlı Sıva	291,54	67,40	86,20	Trabzon, Rize, Giresun
			90,91	103,04	Artvin
			150,29	152,78	Gümüşhane, Bayburt

Bu çizelgede yer alan değerler, yalnızca standartta örnek olarak belirtilen model binanın duvarlarında, taban ve tavan katmanlarında kullanılan yapı bileşenlerine göre tanzim edilmiş değerlerdir. Ancak, bu yapı bileşenlerinin türleri, uygulama kalınlıkları veya özellikleri değiştiğinde, bu analiz sonuçları da farklılık gösterecektir. Bu nedenle, uygulamanın yapılacağı her bir bina modeli için bu bağlamda detaylı analiz yapılmalıdır. Bir duvar örgüsünde ısı yalıtımının iyi olması, duvar kesitinden geçen ısı miktarı veya ısı kayıplarının minimum seviyelerde olmasına bağlıdır. Bu örnekte görüldüğü gibi, bimsbetondan mamul boşluklu duvar blokları ile örülecek olan bir duvarda, yine bims agregaları ile yapılmış hafif örgü harçlarının kullanılması, duvarın ısı yalıtım değerini önemli ölçütlerde iyileştirmektedir. Bu nedenle, duvar örgüsü uygulamalarında bims agregaları ile yapılmış örgü harçlarının kullanılması ısı yalıtımı açısından daha avantajlı sonuçlar oluşturmaktadır. Bu analizde görüldüğü gibi, Doğu Karadeniz Bölgesinde duvar yüzeylerinde herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmaya ihtiyaç duyulmadan uygun örgü harcı ve yalıtımlı sıvalar ile birlikte bimsbetondan mamul boşluklu duvar bloklarıyla örülen duvarlar, ısı yalıtımı açısından kabul edilebilir değerleri sağlamaktadır.

6 SONUÇLAR

Bu çalışmada Erzurum-Pasinler bölgesinde yer alan pomza oluşumlarının hafif agrega olarak değerlendirilebilirliğine yönelik özet bir analiz verilmiştir. Bulgular ışığında, pomza agregaların doğal ve hafif agrega olarak kullanılabilmesi belirlenmiş olup, bu agregalar ile üretilen boşluklu duvar bloklarının teknik özellikleri üzerine de detaylı bir inceleme yapılmıştır. Bimsbetondan mamul boşluklu duvar bloklarının, mukavemet ve birim ağırlık değerleri, standartların öngördüğü kıstasları sağladığı görülmüş olup, ısı ve ses yalıtımı açısından da incelemeler yapılmıştır. Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan illerde, bimsbetondan mamul boşluklu duvar bloklarının ısı yalıtımı amaçlı duvar elemanları olarak kullanılabilmesi ve ilave bir yalıtıma gereksinim duyulmaksızın binalarda uygulanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Bayraktutan S., 1987. Tekman havzasının seimanter litofasiyesleri ve çökme tarihçesi, Türkiye Jeoloji Kurultayı 1987 Bildiri Özetleri Kitabı, 69-70.
- Bilgin A, 1984. Serçeme (Erzurum) deresi ve dolaylarındaki volkanitlerin jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 5, 41-50.
- Bilgin A, 1987. Serçeme (Erzurum) volkanitlerinin mineralojisi ve petrografisi. AÜ Isparta Müh. Fak. Dergisi, Jeol., 3, 47-59.
- Innocenti F. Mazzuoli R., Pasquare G., Radicati F., ve Villari L., 1982. Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey), Geochronological data and geodynamic evolution: Journal of Volcanology and Geoth. Res.13, 223-240.
- Keskin M., 1998. "Erzurum-Kars Platosunun çarpışma kökenli volkanizmasının volkano-stratigrafisi ve yeni K/Ar yaş bulguları ışığında evrimi, Kuzeydoğu Anadolu", MTA Dergisi 120, Ankara, s135-157.
- Pasquare G., 1970. Cenozoic volcanics of the Erzurum area: Geol. Rdsch., 60, 900-912.
- Tokel S., 1979. Erzurum-Kars yöresinde Neojen çöküntüsüyle ilgili volkanizmanın incelenmesi: Doçentlik tezi, KTÜ, 106s. Trabzon.
- TS 1114 EN 13055-1:2004. Hafif Agregalar-Bölüm 1: Beton, Harç ve Şerbette Kullanım için, s39, TSE, Ankara.
- TS 825: Haziran 1999. Binalarda ısı yalıtım kuralları, TSE, Ankara.
- TS EN 1745:Nisan 2004. Kagir ve Kagir Mamulleri-Tasarım Isıl Değerleri Tayini Metotları, TSE, Ankara.
- TS EN 998-2:Nisan 2003. Kagir Harcı-Özellikler-Bölüm 2: Kagir Harcı, TSE, Ankara.
- TS EN 771-3:Nisan 2005. Kagir Birimler-Özellikler-Bölüm 3: Beton Kagir Birimler (Yoğun ve Hafif Agregalı), TSE, Ankara.
- TS 3234, 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deneysel Metotları, 30s.
- TS 3673, 1982. Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini Deneysel Metodu, 4s.
- TS 2823, 1986. Bimsbetondan Mamul Yapı Elemanları (Tadil: 1988/08), 27s.

Ordu İli Fatsa, Korgan, Çatalpınar İlçeleri Abazdağı, Gümüşdere, Keşdere Yöresi Zn, Pb, Cu Cevherleşmeleri

A. R. Güç

Dedeman Madencilik, Ordu

ÖZET: Bu çalışmada, Ordu ili Fatsa, Korgan, Çatalpınar ilçeleri Abazdağı, Gümüşdere ve Keşdere yöresindeki Zn, Pb, Cu yataklarının yeri, jeolojisi, tektonizma, cevherleşme şekilleri ve tenörleri hakkında bilgiler verilmektedir. Bölgede bugüne kadar 11 farklı lokasyonda toplam 3534 metre olmak üzere 27 adet sondaj çalışması yapılmıştır.

ABSTRACT: This study aims to give some knowledge related with location and shape of the ore, geology, tectonics and assay of Zn-Pb-Cu reserves of Ordu region. In the region, sofar, totally 27 drilling with 3534 meters has been made.

1 GİRİŞ

Zn, Pb, Cu cevherleşmelerini kapsayan ruhsat sahaları Ordu ili Çatalpınar ilçesi ve Korgan ilçesi arasında Abazdağı ve Keşdere yörelerinde, Tokat G 38 b2, b3 paftaların da yer alır. Sahalara Ordu ili Fatsa ilçesinden iki ayrı yoldan ulaşılabilir. Birincisi Elekçi ırmağı boyunca giden Korgan yolu, ikincisi ise Bolaman ırmağı boyunca giden Çatalpınar – Aybastı yoludur. Korgan yolunda Abazdağı mevkiinden doğuya doğru ayrılan stabilize yol ile saha çeşitli kesimlerden kat edilerek, Çatalpınar ilçesine ulaşmak mümkündür. Çatalpınar ilçesi Fatsa'ya 22 km uzaklıkta ve yolu asfalttır.

Çalışılan alan oldukça engebeldir. Karadeniz kıyı şeridine paralel olarak D-B yönünde uzanan sırtlar, doğuda Aybastı Çayı, ortada Keşdere ve batıda Fizme ırmağı ile ayrılmıştır. Bu ırmaklara birleşen paralel akarsular bulunmaktadır. Dere vadileri ile yüksek tepeler arasında 600 m kadar kot farkı vardır. Yörede tipik Karadeniz iklimi görülür. Yaz aylarında yağmur, kış aylarında ise zaman zaman kar şeklinde yağışlar boldur. Saha sık bitki örtüsü ile kaplıdır. Karadenize özgü fındıklık alanlarının yanı sıra meşe, gürgen, kestane, ağaçlarından oluşan ormanlık alanlarda bir hayli yer kaplar.

2 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışılan alanda Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar izlenmektedir. Tabanda andezit ve piroklastitleri bulunmaktadır. Bunların üzerinde Üst Kretasenin son döneminde oluşmuş olan trakiandezit ve

piroklastitleri yer alır. İnceleme alanının dışında trakiandezitler üzerinde yer alan Paleosen yaşlı resifal kireçtaşları bulunmaktadır. Ayrıca inceleme alanının dışında, güney yörelerde yüzeylenen ve sahadaki cevherleşmelerin muhtemel ısı kaynağı olan granitik intrüzyonlar Eosen döneminde sokulum yapmış olmalıdır (Güven, 1993).

Andezitik volkanitler masif bir yapı gösterirler. Porfirik dokuda ve makroskobik olarak plajiyokaz ve hornblend kristalleri izlenmektedir. Piroklastitleri daha çok tüftür.

Breşik olarak izlenen kesimlerde boyutları 5–10 cm arasında değişen andezitik kayaktan oluşan parçaların andezitik küllerle çimentolanmasıyla oluşmuştur. Özellikle fay zonlarında yer yer izlenen yoğun hidrotermal alterasyon sonucu propilitleşme, kloritleşme, silisleşme ve kaolenleşme izlenir.

Trakiandezitik volkanik kayalar beyaz ve pembemsi renk göstererek andezitlerden ayırt edilebilmektedirler. Piroklastitleri daha çok tüftür. Yoğun hidrotermal alterasyon sonucu silisleşme, killeşme, serisitleşme ve limonitleşme görülmektedir.

3 TEKTONİK

Ruhsat sahalarının da içinde bulunduğu Karadeniz Bölgesi Doğu Pontid Tektonik birliği içinde yer alır (Ketin, 1966). Yörede G-K yönündeki sıkışma kuvvetlerinin etkisiyle kayalarda çeşitli yönlere kırıklar oluşmuştur. Genellikle KB-GD, KD-GB ve D-B yönünde olmak üzere üç ana sistemdeki makaslama kırıkları oluşmuştur. İnceleme alanındaki cevherleşmelerin tektonikle doğrudan ilişkisi vardır.

Karadeniz bölgesindeki tektonik sistemi belirleyen Kuzey Anadolu Fayını oluşturan sistem, daha önceki orojenez dönemlerinde de aynı şekilde gelişmiştir. Bu sistemlerle oluşan kırıkların cevherli eriyiklerle dolmasıyla damar tip cevherleşmeler oluşmuştur. Tektonizmanın cevherleşme sonrasında da sürmesi nedeniyle oluşan kırıklar, daha önceki makaslama zonlarına yerleşmiş olan cevherli damarları oynatmış, şekillerini bozmuştur.

Makaslama zonlarında oluşan doğrultu atımlı ve normal faylar oluşum mekanizmasının gereği olarak, sıkışma nedeniyle geniş açıklıklar oluşturmaz. Etkiledikleri kayaçta breşik bir görünüm oluştururlar. Aynı zamanda tektonik hat boyunca kırık genişliği yer yer kapanıp yer yer açılır. Dolayısıyla cevherli eriyiklerin doldurmasıyla oluşan cevherli damarların kalınlıkları da buna bağlı olarak homojen olmaz. Tektonik hat boyunca farklılıklar gösterir.

4 CEVHERLEŞME

Çalışma yapılan alandaki cevherleşme kırık tektoniği ile kontrol edilmiştir. Çalışma alanımız içinde yüzeylenmeyen, ancak daha güney yörelerde mostraları izlenebilen Tersiyer yaşlı granitik intrüzyonların cevherleşmenin ısı kaynağını oluşturduğu düşünülmektedir. Bu kaynaktan gelen cevherli eriyikler yan kayaç içinde mevcut kırık ve çatlakları doldurarak damar, damarcık ve dissemine Zn-Pb-Cu cevherleşmelerini geliştirmiştir.

Bu sisteme bağlı olarak, çalışma alanında izlenen birçok damarda cevherleşme hidrotermal kökenli olup, şekli ağsal damarcıklı ve breşiktir. Cevherleşme öncesi oluşan makaslama zonlarında yan kayaç breşik bir yapı kazanmıştır. Daha sonra gelen cevherli eriyikler breşilerin boşluklarını doldurmuştur. Bu yüzden kırık zonlarında oluşan damarlardaki cevher, ana parçaları yan kayaç olan breş dolgusu şeklindedir. Çalışma alanı içinde, yörenin çok kırıklı olması nedeniyle ısı kaynağından gelen cevherli eriyiklerin kırıklar boyunca yayılması Keş deresinden Arpalık köyüne kadar 4 km uzanan bir zon da birçok yerde cevherleşmenin izlenmesine yol açmıştır. Dolayısıyla cevher geniş alanlara yayılmış, dar alanlarda yoğunlaşmamıştır.

Yapılan sondajlar sonucu elde edilen verilere göre de makaslama zonlarında birbirine paralel izlenen cevherli damarların kalınlıkları eğim yönü ve doğrultu boyunca değişiklikler göstermektedir. Damarlar yer yer açılıp, yer yer kapanmaktadır. Damar kalınlıkları 0,1-0,2 m'den, 1-2 m'ye kadar varan değişimler göstermektedir. Yapılan sondajlarda belirlenen damarların yüzeyden 110 m derinliğe kadar devam ettiği, yer yer birbirine yaklaşmış, uzaklaştığı gözlenmiştir. Aynı zamanda cevherleşme sonrası gelişen tektonik hareketler cevherleşmeyi etkilemiştir. Bunun sonucunda

cevherli damarlar kırılmış, atımlara uğramış ve yer yer şekilleri bozulmuştur. Her iki ruhsat şahsını kapsayan çalışma alanında güneyde Keşdere vadisindeki Seherlik mevkiinden, kuzeyde Arpalık köyü Dursundere mevkiine kadar olan bölüm içinde oluşan cevherli kuvars damarlarının yoğunlaşmasına bağlı olarak 6 ayrı bölge izlenmiştir.

4.1 Birinci Bölge

Seherlik Mevkii: Yaklaşık D-B yönünde gelişen makaslama zonu içinde birbirine paralel uzanan birçok cevherli damar bulunmaktadır. Yoğun bitki ve toprak örtüsü nedeniyle, doğrultu boyunca ender olarak mostra veren damarları içinde bulunduran makaslama zonu yaklaşık 300 m. kadar uzunlukta izlenmiştir. Keşderesinin her iki yamacında da izlenebilen cevherli kuvars damarları 0,1 m ve 1,5 m arasında değişen kalınlıklardadır. Eğim yönleri genellikle güneye doğrudur. Makaslama zonu içinde izlenen damarlarda cevher minerali pirit, galen, sfalerit, az olarak kalkopirit ve kalkozin, gang minerali olarak da kuvars ve kalsit gözlenmektedir.

1 No'lu Damar: Yüzeyde 0,1 m kalınlıkta K 125° doğrultusunda ve 85° ile GB'ya eğimli olarak izlenir. Yapılan sondajlar bu damarın kuzeyinde yer aldığı için eğim yönü boyunca devamlılığı hakkında bir veri yoktur. Ancak ÇS-5 sondajında 32,00-32,80 metreler arasında 0,8 m kalınlıkta kesilmiştir.

2 No'lu Damar: Yüzeyde 0,5 m. kalınlıkta K 125° doğrultusunda ve 75° ile GB'ya eğimli olarak izlenen damar ÇS -1/A sondajında 16,70 – 17,00 metreler arasında 0,3 m. kalınlıkta, ÇS -1/B sondajında 25,30 – 25,80 metreler arasında 0,5 m. kalınlıkta, ÇS-1/C sondajında 11,70 -12,00 metreler arası 0,3 m. kalınlıkta kesilmiştir. ÇS -1/B ve ÇS -1/C sondajları arasından geçen bir fayın bu damarı etkilediği düşünülmektedir. ÇS -1/D ve ÇS -1/E sondajlarında tespit edilemediği için incelenerek bittiği söylenebilir. Son metreleri de yaklaşık 10 m'lik bir atımla oynamıştır. Sondajlarla tespit edilen derinliği 25 m kadardır. 2 no'lu damar ÇS-2/A sondajında 9,50 – 10,50 metreler arasında ÇS-2/B sondajında ise 9,30 – 10,00 metreler arasında geçilmiştir.

3 No'lu Damar: Yüzeyde 1,5 m kalınlıkta K 125° doğrultuda ve 72° ile GB 'ya eğimli olarak izlenen damar ÇS-1/A sondajında 31,20-31,70 metreler arasında 0,5 m kalınlıkta, ÇS -1/B sondajında 68,00 – 70,00 metreler arasında 2,00 m. kalınlıkta ÇS -1/C sondajında 75,20 – 75,70 m'ler arasında 0,5 m. kalınlıkta ÇS -1 /D sondajında 90,80 – 91,20 metreler arasında 0,4 m kalınlıkta ÇS -1/E sondajında 102,80-104,30 metreler arasında 1,5 m. kalınlıkta kesilmiştir. ÇS -1/B ve ÇS -1/C sondajları arasından geçen fayla 10 m.lik bir atıma uğramıştır. Yüzeyden bu faya kadar 65 m faydan sonra 45m kadar takip edileme imkânı olmuştur.

4 No'lu Damar: Yüzeyde K 130° doğrultu, 77° ile GB'ye eğimli ve 0,2 m kalınlıkta izlenen damar sondajlarda tespit edilememiştir.

5 No'lu Damar: Yüzeyde 0,5 m kalınlıkta K 115° doğrultusunda ve 85° ile GB'ya eğimli olarak izlenen damar yapılan sondajlarda çeşitli kotlarda değişik kalınlıklarda kesilmiştir. ÇS -1/A sondajında 70,30 – 70,80 metreler arasında 0,5 m kalınlıkta, ÇS -1/B sondajında 86,00 – 88,50 metreler arasında 2,5 m kalınlıkta, ÇS -1/C sondajında 82,80 – 83,40 metreler arasında 0,6 m kalınlıkta, ÇS -1/D sondajında 93,50 – 94,00 metreler arasında 0,5 m kalınlıkta, ÇS -1/E sondajında ise 109,40 – 110,40 metreler arasında 1,00 m kalınlıkta kesilmiştir.

ÇS-2/A sondajında 87,50 - 88,50 metreler arasında 1 metrelik bir zonda, ÇS -2/B sondajında 89,50 - 90,70 metreler arasında 1,20 m'lik kalınlıkta, ÇS -2/C sondajında ise 131,00 – 135,20 metreler arasında 4,2 m'lik bir zonda kesilmiştir.

ÇS -3/A sondajında 10,50–11,00 metreler arasında 0,5 m. kalınlıkta, ÇS -3/B sondajında ise 29,00 – 29,80 m'ler arasında 0,8 m kalınlıkta kesilmiştir.

ÇS-4 sondajında 20,70- 21,70 m'ler arasında 1 m kalınlıkta geçilmiştir.

6 No'lu Damar : Yüzeyde K 140° doğrultulu ve 35° GB'ya eğimle 0,15 m. kalınlıkta izlenen bu damar ÇS-1,ÇS-2 ve ÇS-3/A sondajlarında kesilememiştir. Ancak ÇS-3/B sondajında 44,00 – 45,00 m'ler arasında ve ÇS-4 sondajında 51,30 – 52,00 metreler arasında geçen cevherli seviyeler bu damarın yüzeydeki mostrası ile korele edilebilmektedir.

7 No'lu Damar: Yüzeyde 0,6 m kalınlıkta, K 115° doğrultulu ve 72° ile GB'ya eğimli olarak izlenen damar ÇS-1/A sondajında 106,80 – 107,50 metreler arasında ÇS -3/A sondajında 45,50 – 46,20 m'ler arasında ÇS -3/B sondajında 89,90 – 90,60 metreler arasında ÇS-4 sondajında 76,50 – 77,00 metreler arasında 0,5 m kalınlıkta kesilmiş veyapılan sondajlarda yüzeyden 85 metre derinliğe kadar izlenebilmiştir.

8 No'lu Damar : Yüzeyde 1,3 m kalınlıkta K 120° doğrultulu ve 45° ile GB'ya eğimli bu damar sondajlarda tespit edilememiştir. Üst kotlarda 7 no'lu damar ile birleşme olasıdır.

Örencik Mevkii: Birinci bölgenin kuzeyinde bulunan Örencik deresinin tabanında mostra veren yaklaşık D-B doğrultulu bir damar saptanmıştır. İki ayrı noktada farklı doğrultulardaki damarlar ile kesişim noktaları gözlenmiştir. Birinci kesişim noktalarında K 30° / 80° KB 0,5 kalınlıkta damar ile K 90° / 85° K 0,75 m kalınlıkta damar izlenmektedir. İkinci kesişim noktasında gözlenen üç damarın konumları şöyledir.

K 25° / 85° KB 0,5 m kalınlık
K 80° / 80° KB 0,6 m kalınlık
K 165° / 80° GB 0,1 m kalınlık

Buralardaki damarlarda cevher minerali olarak galen, sfalerit, gang minerali olarak barit, kalsit izlenmektedir. Ayrıca Keşdere içinde 70 m genişlikte ağsâl cevherli damarcıklardan oluşan bir zon izlenmektedir. Bu zon içinde yoğun silisleşme, limonitleşme ve dissemine pirit eşliğinde kalınlıklar 1–2 cm'den 5–10 cm'ye kadar değişen Pb-Zn damarcıkları görülmektedir. Birinci noktada 0,40 m kalınlıkta izlenen bir damarı araştırmak için eski yıllarda bir galeri açılmıştır.

4.2 İkinci Bölge (İsmail Dere Bölgesi)

İkinci bölge olarak belirlenen İsmail Dere bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda güneyde eski çalışmalarda Mehmet Ali Ocağı olarak bilinen cevherleşme ile kuzeyde İsmail Dere içinde belirlenen cevherleşmeler gözlenmiştir.

Mehmet Ali Ocağında kısmen izlenebilen, toprak akıntısı nedeniyle üzeri büyük ölçüde kapalı olan cevherli damarların doğrultusunda 75 m kadar güneyde izlenen cevherleşme, 15 m kadar genişlikte altere bir zon içinde birbirlerine paralel iki damar olarak gözlenmiştir. Damarlarda biri K 155° doğrultulu ve 0,6 m kalınlıkta diğeri K 160° doğ-rultu ve 0,8 m kalınlıkta. Damarlar diktir. Cevher mineralleri pirit, kalkopirit ve bornit, gang mineralleri kuvars damarları izlenmektedir. Bu damarların eğim yönü ve doğrultu boyunca devamlılıklarını araştırmak amacıyla 2 lokasyonda, 4 sondaj gerçekleştirilmiştir. MT-1/A sondajında 47,80 – 48,50 metreler arasında 0,7 m kalınlıkta izlenen damar MT-1/B sondajında 66,80 – 68,00 metreler arasında 1,20 m kalınlıkta izlenmiştir. Cevher mineralleri olarak pirit, az kalkopirit, az galen ve az sfalerit içerdiği görülmüştür.

Damarların doğrultu boyunca devamlılığını araştırmak amacıyla gerçekleştirilen MT-2/A sondajında 28,70–29,00 metreler arasında kalkopirit ve pirit içeren damar saptanmıştır. Eğim yönü boyunca devamlılığını araştırmak amacı ile gerçekleştirilen MT - 2/B sondajında ise 26,00 – 26,50 ve 31,50 – 32,20 m'ler arasında 2 adet cevherli zon geçilmiştir.

4.3 Üçüncü Bölge (Tez Dere Bölgesi)

Yoğun killeşme ve dissemine pirit içeren alterasyon izlenen bu bölgede birkaç ince damar dışında önemli olabilecek bir cevherleşme izlenememiştir.

4.4 Dördüncü Bölge (Gümüşdere Bölgesi)

En eski bilinen ve farklı zamanlarda çeşitli madencilik faaliyetleri yapılan bu bölgede birkaç noktada damar tipte Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri görülmektedir.

Gümüşdere ocağı olarak bilinen noktada makaslama zonu içinde cevherleşme izlenmektedir. K 40° ve K 120° doğrultularında yaklaşık 1 m kalınlıkta iki damarın kesişim noktasında açılan

galeri ve desandrelere ile bir miktar cevher alınmıştır. Cevher mineralleri sfalerit, galen, az kalkopirit, kalkozin ve pirittir. Gang olarak kalsit, barit ve az kuvars izlenmektedir.

Gümüşdere'deki eski işletme ocağının 150 m kadar batısında birbirine yakın üç galeri, 500 m kadar batısında iki galeri bulunmaktadır. Bu galerilerin önündeki pasalarda sfalerit, galen ve az kalkopirit görülmektedir.

Gümüşdere bölgesinde önemli bir cevherleşme de işletme ocağının 350 m kadar doğusunda Şakir Akyol galerisi olarak anılan noktadaki damardır. Bu noktada izlenen damar K 75° doğrultulu ve 80° ile kuzeybatıya eğilimlidir. Cevher minerali olarak pirit, galen, az sfalerit ve az kalkopirit izlenmektedir.

Bu damara yönelik olarak GD-1/A, GD-1/B ve GD-2 sondajları gerçekleştirilmiştir. GD-1/A sondajında 138,00 – 139,00 metreler arasında 1 m kalınlıkta kesilmiştir.

4.5 Beşinci Bölge (Kuzdere Bölgesi)

İnceleme alanın kuzeyinde yer alan bu bölgede, eski yıllarda bir takım madencilik faaliyetleri ile tespit edilen cevherleşmelerin yanı sıra iki noktada muhtemel cevherleşmelerin izleri görülmüştür

Kuzdere içindeki açılmış olan bir galeri girişinde izlenen damar 40 cm kalınlık gösterir. 50° K doğrultulu ve 55° ile KB'ya eğilimlidir. Cevher olarak sfalerit, galen ve az kalkopirit izlenmektedir. Gang kalsit ve barittir. Bu galerinin yaklaşık 30 m Doğusunda girişi kapanmış bir galeri daha mevcuttur. Yoğun bitki örtüsü ve yamaç döküntüsü nedeniyle herhangi bir cevherleşme görülememiştir.

Kuzdere bölgesinin güneydoğusunda; yamaç içinde açılmış eski bir galeri girişinde izlenen cevherli bir damar 135° K doğrultusunda ve 67° ile GD'ya eğilimlidir. 0,8 m kalınlık gösteren damarda izlenen cevher mineralleri galen, sfalerit ve az kalkopirittir. Gang ise kalsit ve barittir.

Bu damara yönelik olarak gerçekleştirilen KD-1 ve KD-2 sondajları ile beklenen seviyelerde damara ulaşılamamıştır.

Dere içindeki galerilere giden yol üzerinde ve galerilere yaklaşık 300 m uzaklıkta killeşmiş zon içinde ağırsal kuvars damarcıkları izlenmiştir.

Ayrıca, bu bölgenin güneybatısında, Madenköy'e giden yol üzerinde killeşmiş mineralize bir zon bulunmaktadır. Bu bölümde yol üzerinde döküntü olarak galen, sfalerit ve az kalkopirit içeren cevher blokları görülmektedir.

Burada gerçekleştirilen yarma çalışmaları sırasında galen, sfalerit, pirit ve az kalkopirit içeren cevherli kuvars damarı 10 m kadar uzunlukta izlenmiştir. Daha sonra bu damara yönelik olarak KD-3/A, KD-3/B ve KD-4 sondajları gerçekleştirilmiştir.

KD-3/A sondajında 39,00 – 40,30 metreler arasında 1,3 m kalınlıkta, KD-3/B sondajında 69,80 –

70,80 metreler arasında 1 m kalınlıkta izlenen cevherli damar doğrultu açısı değiştirilerek gerçekleştirilen KD-4 sondajında belirlenememiştir.

4.6 Altıncı Bölge (Dursundere Bölgesi)

Bu bölgede de eski yıllarda yapılmış bir takım madencilik faaliyetleri ile işletilen bazı cevherleşmeler izlenmiştir.

Dursundere içinde en kuzeyde girişi yoğun örtü nedeniyle tespit edilemeyen bir galerinin varlığından söz edilebilir. Oldukça fazla miktarda pasa gözlenmiştir. Ancak cevherleşmeden söz etmek için bir veri elde edilememiştir. Bu ocağın yaklaşık 50 m güneyinde yan dere içinde cevher içeren bir kuvars damarı gözlenmiştir. Yaklaşık 4 m genişlikteki killeşmiş bir ağırsal zon içinde izlenen damar 90° K doğrultulu ve 40° ile güneye eğilimlidir. Damar kalınlığı 0,8 m olup sfalerit galen ve az kalkopirit izlenmektedir. Gang kuvarştır.

Bu damarın 10 m kuzeyinde aynı doğrultuda 0,3 m kalınlıkta ikinci bir damar daha tespit edilmiştir. Bu damarların 75 m kadar güney doğusunda, Dursundere içinde eski bir işletme bulunmaktadır. Burada 6-7 m'lik desandre ile araştırma yapıldığı belirtilmiştir.

Bu desandrenin karşısında güneydoğuya doğru açıldığı ve 30 – 40 m ilerlediği belirtilen galerinin girişi şimdi çökmüş durumdadır. Burada izlenen damar 90° K doğrultulu ve 75° ile güneye eğilimlidir. Yaklaşık 0,5 m kalınlıktadır.

Bu bölgede DD-1/A ve DD-1/B sondajlarının yapımından, yoğun killeşme ve arenalaşma nedeniyle yaşanan sorunlar sonucu istenilen seviyelere ulaşılamadığından vazgeçilmiştir.

5 SONUÇLAR

- Ordu – Fatsa, Çatalpınar – Abazdağı, Gümüşdere, Keşderesi cevherleşmeleri kırık tektoniği ile kontrol edilen hidrotermal kökenli olup, damar, damarcık ve dissemine tipte gelişmiştir.
- İncelenen alanda detay jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda belirlenen 4 km genişlikte bir zon içinde birçok yerde izlenen cevherleşmelere yönelik olarak 11 lokasyonda farklı açılarla toplam 3534 m olmak üzere 27 adet sondaj yapılmıştır. Yapılan sondajlardan elde edilen veriler değerlendirme aşamasındadır.

KAYNAKLAR

- Güven, İ. H., 1993. Doğu Karadeniz bölgesinin 1/100.000 ölçekli kompilyasyonu, MTA, Ankara (Yayınlanmamış)
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin Tektonik Birlikleri, MTA Dergisi Yayınları, Ankara

Kavaklar (Ordu) ve Tirebolu (Giresun) Bentonitlerinin Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, KD Türkiye

E. Abdioğlu, M. Arslan & H. Kolaylı

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

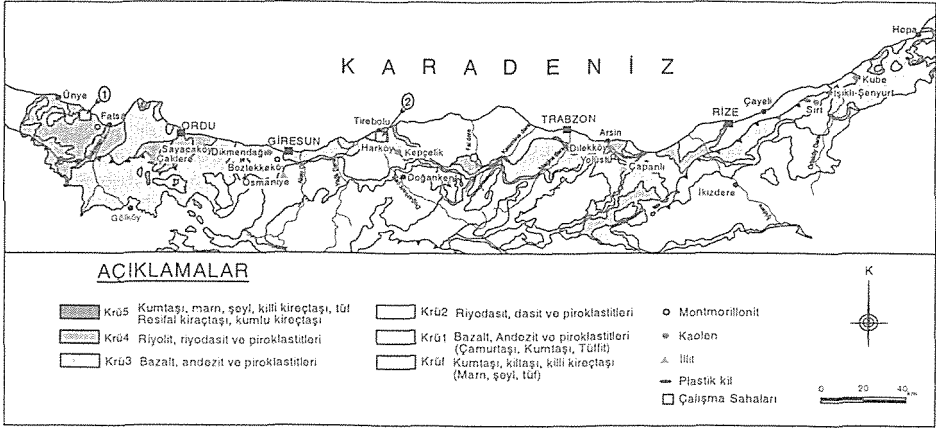
ÖZET: Doğu Karadeniz'de Geç Kretase yaşlı volkanitler yaygın olup, bunların alterasyonu sonucu oluşan önemli kil yatakları ve zuhurları bulunmaktadır. Bu çalışmada, Harşit vadisi boyunca gözlenen ekonomik öneme sahip Tirebolu (Giresun) yöresi bentonitleri ve Kavaklar (Ordu) bentonitlerinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Bentonitlerin çevre ve ana kayaları olan volkanitler genellikle Geç Kretase yaşlı trakit, trakiandezit, riyolit, riyodasit ve bunların piroklastitleridir. Bentonit örneklerinde en bol bulunan kil minerali smektittir. Yönlenmiş örneklerde, (001) yansıması Ca smektiti ifade eder şekilde 14.45-15.68 Å arasında değişmektedir. Mg ve K'la doyumlanmış örneklerdeki XRD incelemeleri saf smektitin varlığını işaret eder. Kil dışı mineraller Tirebolu bentonitlerinde K-feldispat, plajiyoklas, biyotit, Mn-oksitler, nadiren kalsit ve zeolittir (özellikle mordenit). Kavaklar bentonitleri kil dışı mineralleri ise ilksel volkanik kayaktan gelen feldispatlar (sanidin, plajiyoklas), biyotit, pomza ve ilksel kayacın bozuşması esnasında kile eşlik eden opal-CT, nadiren kalsit ve klinoptilolittir. Değişebilen katyonlara bakıldığında smektitler Ca-smektit olarak adlandırılabilir ve genellikle Ca- ve Mg'ca doyundurlar. Kil fraksiyonunun kimyasal analizlerine göre Si ve Al^{IV} tetrahedral katyonlar, Al^{VI}, Mg, Fe, Ti ve nadiren Mn'nin oktahedral katyonlardır. Tabaka arası katyonları ise Ca, Mg, Na ve K oluşturmaktadır. Jeolojik ve jeokimyasal bulgular ışığında Kavaklar ve Tirebolu bentonitlerinin sığ denizel bir ortamda, yavaş sıkışma hızı ve yüksek poroziteye bağlı olarak, 20-40 °C gibi düşük sıcaklıklarda, deniz suyu ve az oranda meteorik su karışımı bir sıvının piroklastik malzemeyi yerli yerinde bozuşturması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

ABSTRACT: The Upper Cretaceous aged volcanic rocks and clay occurrences as alteration products of these volcanics are common in the Eastern Black Sea region. In this study, geological, mineralogical and geochemical properties of the economic bentonites in the Kavaklar (Ordu) and the Tirebolu (Giresun) areas are investigated. Surrounding rocks and precursor material of the bentonites are generally trachyte, trachyandesite, rhyolite, rhyodacite and their pyroclastics. Smectite is the most abundant clay mineral in the bentonite samples. In the oriented samples, (001) basal reflection of smectite is between 14.45 and 15.68 Å, indicating Ca-smectite. XRD pattern of the Mg- and K-saturated samples exhibit characteristics of the pure smectite composition. The other constituents of the Tirebolu bentonites are K-feldspar, plagioclase, biotite, Mn-oxides, rarely calcite and zeolite (especially mordenite). The Kavaklar bentonites contain volcanogenic sanidine, plagioclase, biotite and pumice, along with the diagenetic minerals opal-CT, cristobalite and rare calcite and zeolite (clinoptilolite). In the light of the exchangeable cations, smectite may be called as Ca-smectite and naturally are saturated with Ca and Mg. Based upon chemical analysis of the clay fractions, Si and Al^{IV} are tetrahedrally, and Al^{VI}, Mg, Fe, Ti and rarely Mn are octahedrally coordinated cations. Ca, Mg, Na and K occupy the interlayer position. Geological and geochemical studies suggest that the bentonites were formed at 20-40 °C in pore water of mixed meteoric and marine origin during argillization at shallow burial depths within a dominantly marine environment.

1 GİRİŞ

Eski bir adayayı olan Doğu Pontid'ler Liyas, Üst Kretase ve Tersiyer yaşlarındaki üç volkanik evre ile karakterize edilir (Arslan vd., 1997). Yörede yaygın olarak görülen volkanitlerden özellikle Üst Kretase

yaşlı olanlar oldukça ayrılmıştır ve bunların alterasyon ürünleri yaygındır. Buna karşın bu ürünler üzerinde son yıllara kadar kısıtlı miktarda çalışma vardır (Çelik vd., 1999; Yalçın ve Gümüser, 2000; Abdioğlu, 2002; Abdioğlu ve Arslan, 2005; Arslan vd., 2006).



Şekil 1. Doğu Pontidler'deki Geç Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimler (Güven, 1993'ten değiştirilerek), bunların içerisinde yer alan kil oluşukları ve çalışılan kil sahaları (1, Kavaklar; 2, Tirebolu).

Bu çalışmada; Tirebolu (Giresun) yöresi Harşit vadisi boyunca yer alan bentonit yataklarının ve Kavaklar (Ordu) yöresi bentonitlerinin jeolojik, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri irdelenmiştir (Şekil 1).

2 YÖNTEM

Mineralojik ve jeokimyasal çalışmalarda kullanılmak üzere çalışma sahalarının yer aldığı Kavaklar (Ordu) civarında bulunan 7 adet kil oluşuğundan toplam 140 örnek, Tirebolu civarındaki kil oluşuğundan ve çevre kayaçlarından 105 adet örnek alınmıştır.

Jeokimyasal analizler ve X-ışınları difraktometresi (XRD) incelemelerinde kullanılmak üzere seçilen örnekler agat havanda toz haline getirilmiştir. Toz halindeki tüm kayaç örneklerinden kil fraksiyonun elde edilebilmesi için Jackson (1956) ve Kunze (1965) tarafından tavsiye edilen teknikler kullanılmıştır. X-ışınları difraksiyon (XRD) analizleri Philips ve Rigaku DMAXIC X-Ray difraktometreleri (Cu-K α ve Ni filtre) kullanılarak sırasıyla Gent Üniversitesi (Belçika) ve Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde yapılmıştır. XRD incelemelerinde kullanılan aletsel koşullar şunlardır: Anot: Cu (CuK α = 1.54 Å), Filtre: Ni, Gerilim: 35 KV, Akım: 15 mA, Ganyometre Hızı: 2°/dak., Kağıt Hızı 2 cm/dak., Zaman sabiti: 1 sn, Yarıklar: 1°-0.1-1°, Ölçüm aralığı: 2 θ =2-35° (hata miktarı \pm 0.04°). XRD incelemelerinde K- ve Mg-la doyurulmuş ve kimyasal doyurma işlemine tabi tutulmamış örnekler üzerinde normal (N), etilen glikollü (EG) ve fırınlanmış (F), çekimler yapılmıştır. Örneklerin ana ve iz element analizleri ICP-AES, nadir toprak elementler için ise ICP-MS cihazlarıyla ACME Analiz Laboratuvarı'nda (Kanada) gerçekleştirilmiştir.

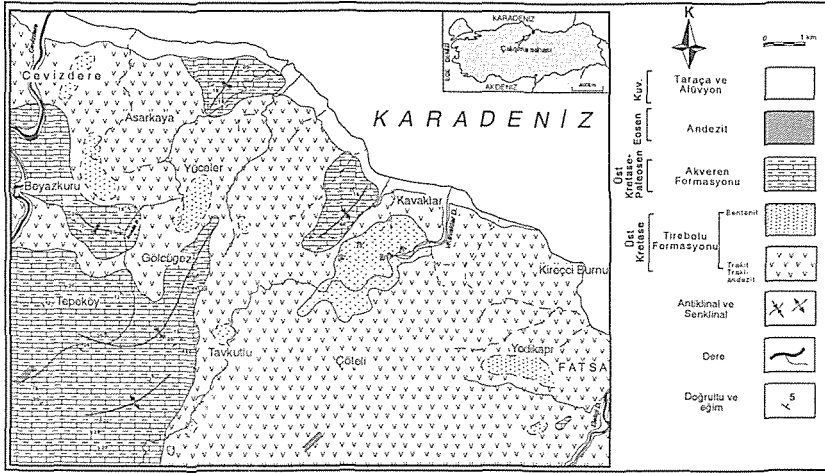
3 BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1 Genel Jeoloji

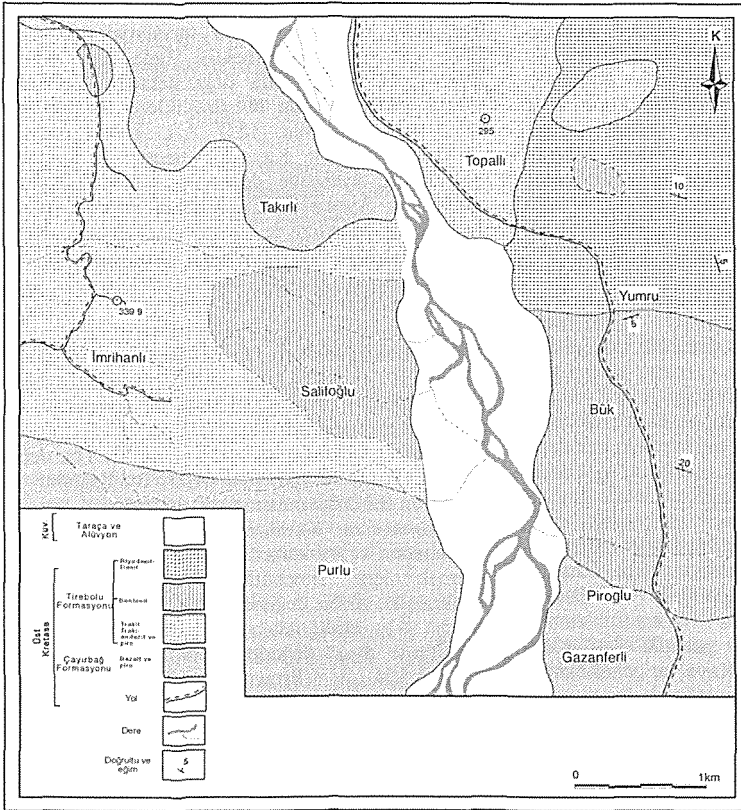
Kavaklar ve Tirebolu bentonitlerinin bulunduğu sahalarda bentonitlerin ana kayaçlarını Güven (1993) tarafından formasyon adlaması yapılan, Geç Kretase yaşlı (Santoniyen-Kampaniyen) Tirebolu Formasyonu'na ait kayaçlar oluşturur. Kavaklar bentonitlerinin bulunduğu sahada en yaşlı birim olan ve bentonitleri içeren Tirebolu Formasyonu üzerine Keskin vd. (1998) tarafından tanımlanan, Geç Kretase-Paleosen (Maestrichtiyen-Tanesiyen) yaşlı Akveren Formasyonu uyumlu olarak gelir ve birimler Eosen yaşlı andezit dayıkları tarafından kesilir. Tüm birimler Kuvaterner yaşlı alüvyon ve taraçalarla uyumsuz olarak örtülür (Şekil 2).

Tirebolu yöresinde, Harşit vadisi boyunca uzanım gösteren bentonitlerin bulunduğu sahada ise en yaşlı birim Geç Kretase yaşlı, bazalt ve piroklastitlerden oluşan Çayırbağ Formasyonu'dur (Güven, 1993). Bu formasyon üzerine uyumlu olarak yine Geç Kretase yaşlı olan trakit, trakiandezit, hyalotrakit, riyodasit, dasit ve bunların piroklastitleri ve bentonitlerden oluşan Tirebolu Formasyonu gelir (Güven, 1993). Tirebolu Formasyonu uyumlu olarak çalışma sahasında gözlenmeyen marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Kireçhane Formasyonu tarafından üzerler. Eosen ve sonrası yaşlı andezitik dayk, dom ve akıntı volkanitleri bu birimlerin üzerine gelir. Tüm birimler Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak üstlenir (Şekil 3).

Kavaklar yöresinde toplam 7 adet kil sahası tespit edilmiş olup bunlardan en büyüğünü Kavaklar Mahallesi civarında bulunan yatak oluşturmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kavaklar (Ordu) yöresi bentonitleri ve yakın çevresi genel jeoloji haritası (Abdioğlu ve Arslan, 2005).



Şekil 3. Tirebolu (Giresun) yöresi bentonitleri ve yakın çevresi genel jeoloji haritası (Arslan ve diğ., 2005).

Bentonitler beyaz-pembe renklerde, sabunumsu dokunumda, camsı parlaktır ve içlerinde çıplak gözle tanımlanabilen, bozuşmadan etkilenmemiş biyotit pulcukları ve opal-CT

minerallerini ayırt etmek mümkündür. Su emme kapasiteleri çok yüksek olduğundan, arazide yapışkan çamur nitelikli olup kuruyunca mısır patlağına (corn flakes) benzer şekilde

ayrılmaktadırlar. Taban seviyelerinde ignimbirit kalıntıları ve 0.5 cm'den daha küçük kayaç kırıntıları içerirler. Kalınlıkları 0-25 m arasında değişmektedir. Kavaklar sahası dışında, yörede kil oluşuklarının bulunduğu diğer sahalara Asarkaya, Cevizdere, Gölcüğe, Yüceler, Yedikapı ve Tavkutlu Mahalleleridir. Kavaklar sahası kadar geniş yayılım ve kalınlık göstermeyen bu oluşukların renkleri beyaz, sarımsı beyaz, yeşilimsi mavidir. Asarkaya ve Cevizdere civarında bulunan kil oluşukları, boyutları 0.5 cm'den daha küçük kayaç parçaları içerirler ve sert kaya niteliği taşırlar. Tavkutlu Mahallesi civarında gözlenen kil oluşuğunda ignimbiritik akıntı izleri korunur ve toprağımsı görünümündedirler. Yedikapı Mahallesi civarında bulunan kil oluşuklarında tamamen kil minerallerine dönüşmüş aglomeralar bulunmaktadır. Yüceler bentonit zuhuru Yüceler Köyü Bardaklı Tepe civarında yer alır ve kirli beyaz bir renk gösterir. Gölcüğe civarında görülen oluşuk ise yine kirli beyaz renkli ve toprağımsı görünümündedir (Şekil 4).

Tirebolu yöresinde bulunan bentonitler "Tirebolu Bentoniti" olarak adlandırılmaktadır ve bentonit yatağının kalınlığı 5 m'ye kadar ulaşabilmektedir. Yöredeki beyaz, sarı, pembe gibi değişik renkler sunarken sabunsu bir dokuya, kaygan bir dokunuşa sahiptirler ve oldukça serttirler. Sürekli kuruma ve ıslanmadan ötürü ayırt edici mısır patlağı dokusu gösterirler. Pirojenik biyotit, volkanik kayaç parçaları ve silis mineralleri çıplak gözle ayırt edilebilir (Şekil 4).

3.2 Volkanik Kayaçların Petrografisi

Bentonitlerin içerisinde bulunduğu Tirebolu Formasyonu Kavaklar ve Tirebolu yörelerinde benzer karakteristikler sunar. Genelde volkanitler trakit, trakiandezit, hyalotrakit, cam tuf, kristal tuf, ignimbiritik tuf ve aglomeralar ile temsil edilir. Kavaklar yöresindeki trakit-trakiandezit ve piroklastitlerden oluşan ortaç bileşimli volkanitlere ilave olarak Tirebolu yöresinde riyolit ve riyodasit ile temsil edilen asidik volkanitlere de rastlanılır. Volkanitler bozuşmadan dolayı kahverengi, gri-beyaz, yeşilimsi, pembemsi gibi farklı renklerde gözükürler. Genelde mikrolitik porfirik, hyalo mikrolitik porfirik, glomeroporfirik ve fluidal dokular gösteren kayaçalarda volkanik camın devitrifikasyonu ifade eden perlitik, kartanesi, sferolitik dokular da gözlenir. Kayaçlar genel olarak sanidin, plajiyoklas, titanomagnetit, nadiren pirit, hornblend ve apatit içerirler. Halkalı zonlanma, elek dokusu, plajiyoklas fenokristallerinde korezyon, ve hornblend ve biyotitlerde opaklaşma gibi dengesiz kristallenmeyi ifade eden dokular yaygındır.

3.3 Mineraloji

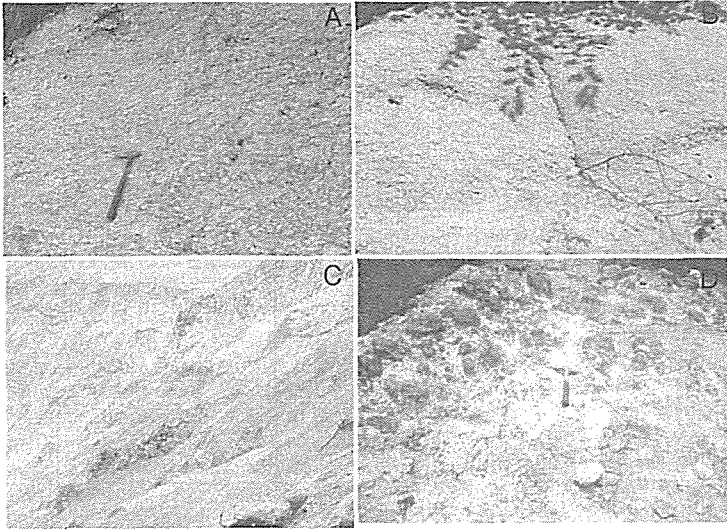
Bentonit yataklarını oluşturan mineralojik bileşenleri saptamak amacı ile yapılan XRD incelemeleri

sonucunda Kavaklar yöresi bentonitleri için en yaygın tüm kayaç mineral birlikteliğini simektit + opal-CT + sanidin + plajiyoklas + biyotitin oluşturduğu belirlenmiştir. Bu birlikteliğe nadiren kalsit ve klinoptilolit eşlik eder. Tirebolu bentonit örneklerinde de en bol mineral simektittir. Kil dışı mineraller K-feldispat (sanidin), plajiyoklas, biyotit, Mn-oksitlerdir. Kalsit ve zeolite (özellikle mordenit) nadiren rastlanılmıştır. Tüm örnekler silis mineralleri olarak kuvars, kristobalit ve opal-CT içermektedir (Jones ve Segnit, 1971). Örneklerde genelde en bol bulunan kil minerali simektit olmasına karşın kısıtlı sayıdaki örnekte kaolinit simektitten daha bol oranda bulunur ve bazılarında mordenit ana mineral bileşenini oluşturur.

Yönlendirilmiş kil fraksiyonu örneklerinde yapılan XRD çekimleri (normal, etilen glikollü, fırınlanmış) sonucunda tüm Kavaklar sahası oluşuklarında baskın kil mineralinin Ca montmorillonit ((Si_{3.9-4}, Al_{0.17}) (Al_{1.46-1.48}Mg_{0.21-0.48}Ti_{0-0.01}Mn_{0-0.01}) (Ca_{0.11-0.22}Na_{0.05-0.12}K_{0.03-0.21})) olduğu tespit edilmiştir.

Tirebolu ve Kavaklar yöresi bentonitleri kil fraksiyonu yönlenmiş XRD incelemelerine göre, (001) yansıması Ca simektiti ifade eder şekilde 14.45-15.68 Å arasında değişmektedir. Kavaklar yöresi bentonitlerinde bu özelliklere ilave olarak (001) yansımalarının 12.0 Å'a kadar düştüğü görülmektedir. Bu Kavaklar bentonitlerinin Na-simektit uç üyelerine de sahip olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca Na-Ca simektit arasında geçiş temsil eden örnekler de Kavaklar yöresi örneklerinde rastlanılmaktadır. Yönlenmiş örneklerin normal (N) ve etilen glikolle doyurulmuş (EG) XRD difraktogramlarında simektite ait (001), (002) ve (003) yansımaları tespit edilmiştir. Mg'la doyurulmuş kil fraksiyonu örnekleri oldukça şiddetli (001) yansımasını 14.50-14.80 Å, etilen glikolle doyurulmuş durumda ise, 16.50-16.80 Å'da verirler. K ile doyurulmuş örneklerde ise, (001) piki 12.2-12.3 Å'a yıkılır ve ısıtıldıktan sonra (350 ve 490 °C) bu değer sırasıyla 11.90 ve 9.90 Å'a düşer. Bu değerler saf simektitin XRD davranışına karşılık gelir.

Tirebolu ve Kavaklar yöresi simektitlerinde dioktahedral ve trioktahedral simektitleri birbirinden ayırmak için simektitlerin $d_{(060)}$ yansımaları ölçülmüştür ve bu değerler 1.488-1.500Å (ortalama 1.493 Å) aralığında değiştiği belirlenmiştir. Literatürde $d_{(060)}$ değerleri montmorillonitler için 1.492-1.504 Å (Brown ve Brindley, 1980), baydellitler için 1.498 Å (Caillère vd., 1982), nontronit için ise 1.523 Å (Besson vd., 1983) olarak verilmektedir. Buna göre simektitler dioktahedral karakterdedir. Gerek Tirebolu gerekse Kavaklar bentonitleri mineralojik açıdan incelendiklerinde yanal ve düşey yönde değişim göstermedikleri ve ana kil mineralinin Ca-simektit ile temsil edildiği belirlenmiştir. Bu bakımdan bentonit örnekleri monomineralik olma eğilimindedirler.



Şekil 4. Tirebolu yöresi A) pembe ve krem renkli aglomeratik, B) pembe-krem renkli bentonitleri; Kavaklar yöresi C) pembe-beyaz renkli ve D) aglomeratik bentonitleri.

Bentonitlerden alınan örneklerin elektron mikroskopunda incelemeleri sonucunda dioktahedral simektilere ait karakteristik dalgalı şekilli yapraklı morfolojinin varlığı belirlenmiştir. Simektilerde yaygın olarak görülen zayıf bağlanmış agregatlar Keller (1978) tarafından mısır gevreği (corn-flake) dokusu olarak tanımlanmaktadır (Abdioğlu ve Arslan, 2005). Ayrıca; incelemeler sonucunda killeşmenin piroklastik materyaldeki camı malzemede mikro çatlaklar boyunca sıvının hareket etmesine bağlı olarak düşük sıkışma hızı ve porozitenin etkisi ile gerçekleştiği tespit edilmiştir.

3.4 Tüm-Kayaç Kimyası

Kavaklar ve Tirebolu yöresi bentonitleri ana element içerikleri bakımından karşılaştırıldıklarında oldukça benzer karakteristikler sergilerler ve ortalama ana, iz ve nadir toprak element içerikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Kavaklar bentonitlerin SiO_2 içerikleri Kavaklar mahallesi civarındaki ana yataкта ortalama % 65.28 diğer oluşuklarda ise %68.58-74.51 arasında değişmektedir. SiO_2 içeriğindeki değişimler kalıntı cam kıymıklarının oranlarındaki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Al_2O_3 içerikleri ana yataкта diğer sahalara nazaran biraz daha yüksek olup, % 14.13 iken diğer sahalarda bu değer %10.75-12.23 arasındadır. Kavaklar ana yataktan alınan örneklerin MgO içerikleri ortalama % 2.95 iken, Yüceler, Tavkutlu, Asarkaya ve Cevizdere sahalalarında % 0.7-1.12 arasındadır. Diğer ana element içerikleri tüm oluşuklar için oldukça benzerdir. Fe_2O_3 % 0.64-1.2,

MnO % 0.01-0.08, CaO % 0.98-2.13, Na_2O % 0.55-2.27, K_2O % 0.68-3.92, arasında değişmektedir.

Tirebolu bentonitlerinin ana element içeriklerine bakıldığında SiO_2 içerikleri %63.97-73.24 arasında değişmektedir. Al_2O_3 içerikleri %10.45-14.63, MgO içerikleri %2.60-3.08, Fe_2O_3 içerikleri %0.83-1.41, MnO % 0.01-0.09, CaO % 0.71-1.73, Na_2O % 0.07-0.41, K_2O % 0.19-0.82 arasında değişiklik sunmaktadır.

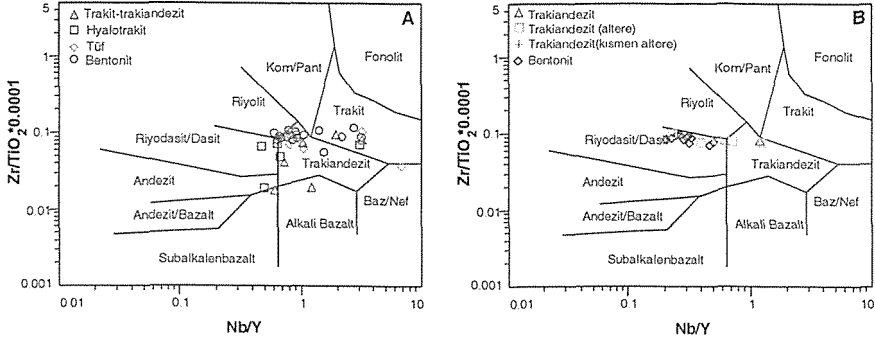
Her iki yöredeki bentonitlerin ana kayacını tanımlamak amacı ile Zr/TiO₂'a karşı Nb/Y (Winchester ve Floyd, 1977) diyagramı kullanılmıştır. Buna göre bentonitlerin ana kayaları kimyasal açıdan benzer özelliklere sahiptir ve genelde trakiandezit ve riyodasit/dasit alanında yayılım gösterirler (Şekil 5). Bentonit örnekleri ile kısmen altere kayalara ait örneklerin diyagramdaki konumları incelendiğinde görece olarak farklı alanlarda yer aldıkları görülür. Bu yataklardaki killeşmenin ya tek tip bir ana kayaktan itibaren oluşmadığı ya da alterasyon esnasında Nb'un hareketli davranmış olduğu savıyla açıklanabilir (Şekil 5).

Uyumsuz element içerikleri bakımından her iki yöredeki oluşuklar ilksel volkanik kayaları ile benzer özellikler göstermektedirler ve ilksel piroklastik kayadaki plajiyoklas fraksiyonlaşmasını ifade edecek şekilde negatif N-tipi Okyanus Ortası Sırtı Bazaltı'na (OOSB, Sun ve McDonough, 1989) normalize diyagramlarında negatif Sr ve Ba anomalisi gösterirler (Şekil 6). Bentonitler düşük Sr, Ti, P ve kısmen düşük Ba ve yüksek K, Rb, Th içerikleri ile karakterize edilirler. Genel olarak bentonit ve çevre kayalarının uyumsuz element

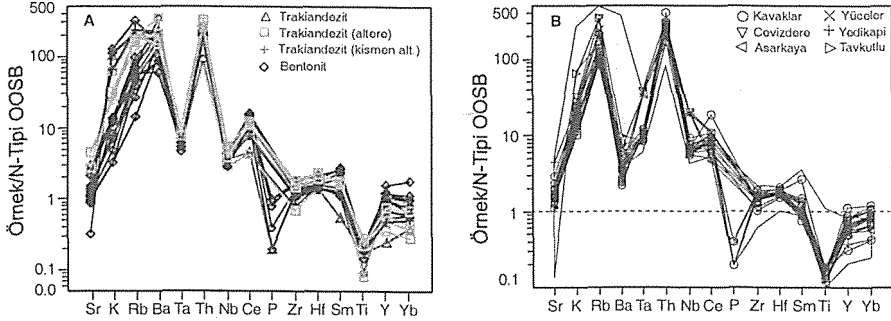
içerikleri bakımından benzer olması killeşme sürecinde uyumsuz elementlerin genellikle hareketsiz kalma eğiliminde olduklarını göstermektedir.

Bentonit ve çevre kayaç örneklerinin nadir toprak element (NTE) içerikleri kondrit (Sun ve McDonough, 1989) normalize edildiğinde kil örnekleri ve çevre kayaçları farklı derecelerde negatif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 7). Özellikle bentonit örneklerindeki negatif Eu anomalisinin negatiflik derecelerindeki farklılıklar

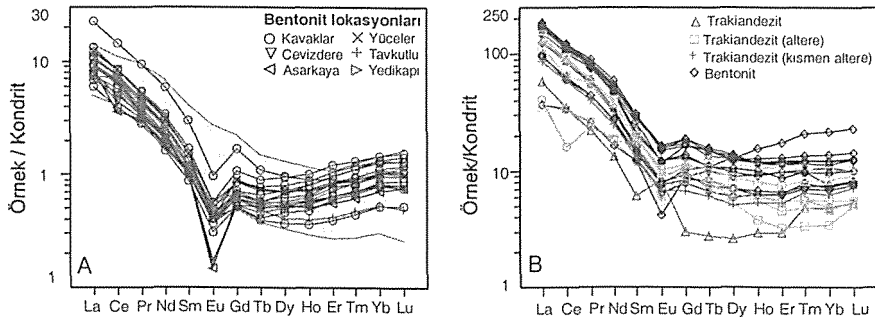
bunları oluşturan piroklastik malzemenin çeşitliliğinden kaynaklanabilir. Simektitçe zengin bentonitik örneklerde NTE değişimi ilksel volkanit bileşimi ile uyumlu olarak hafif nadir toprak elementlerce bir zenginleşme ile karakterize edilir (Şekil 7). Ayrıca bentonit örneklerinde Ce anomalisinin yokluğu killeşme sürecinin suboksit ve anoksitleyici şartlarda geliştiğine işaret etmektedir (Jeans vd., 2000).



Şekil 5. A) Kavaklar (Ordu), B) Tirebolu (Giresun) yöresi bentonit ve çevre volkanitlerine ait Nb/Y - Zr/TiO₂ diyagramı (Winchester ve Floyd, 1977).



Şekil 6. A) Tirebolu yöresi bentonit ve çevre kayaçları, B) Kavaklar yöresi bentonit ve çevre kayaçları (gölgeli alan) N-Tipi OOSB'na normalize edilmiş iz element dağılımları (Normalize değerler Sun ve McDonough, 1989).



Şekil 7. A) Kavaklar bentonitleri (gölgeli alan çevre volkanitlerini ifade etmektedir) ve B) Tirebolu bentonitleri ve çevre volkanitlerinin kondrite normalize NTE dağılımları (Normalize değerler Sun ve McDonough, 1989).

Tirebolu ve Kavaklar bentonitlerinde kil fraksiyonu üzerinde yapılan çalışmalara göre simektitler için Si ve Al^{IV} tetrahedral katyonları oluşturur. Bolluk sırasına göre Al^{VI}, Mg, Fe, Ti ve nadiren Mn oktahedral tabakada yerleşirken, Ca, Mg, Na ve K tabaka arası katyonlardır. Bu veri aynı zamanda XRD çalışmaları ile de paralellik gösterir. Zira XRD çalışmalarında genelde Ca'ca doygunluk gösteren simektitlerin kimyasal analiz sonuçları Ca ve Mg'ca doymun olduklarını ifade etmektedir. Tirebolu bentonitlerinin kasyon değişim kapasiteleri ölçüldüğünde bu değerin 58.64-94.26 cmol(+)/kg arasında değiştiği görülmektedir.

4 SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Tirebolu ve Kavaklar bentonitleri mineralojik, kimyasal özellikleri, köken kayaç ve oluşum modelleri açısından oldukça benzer özellikler sunarlar. Çalışılan bentonitik kil oluşuklarının stratigrafik konumları irdelendiğinde en erken Üst Kretase veya daha genç yaşlı oldukları düşünülmektedir.

Bentonitler triandezitik-riyolitik bileşimdeki ortaç-asit karakterdeki kül/lapilli boyutu piroklastik materyalden itibaren türemiştir. Arazi gözlemlerinde piroklastik malzemede ki akma dokusu gibi köken piroklastik materyale ait dokuların korunması ve epiklastik ardalanmaya rastlanılmaması alterasyonun yerli yerinde (in-situ) bir alterasyon olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, ilksel piroklastik kökenini ifade eden kalıntı sanidin, biyotit, cam kıymıkları, pomza parçacıkları ve yine volkanik kökenli bentonitlere eşlik eden opal-CT ve zeolit mineralleri tespit edilmiştir.

Mineralojik ve petrografik bulgulara göre volkanojenik bileşenler sanidin, kuvars, plajiyoklas, biyotit, pomza ve volkanik kayaç parçaları ile temsil edilirken; otijenik mineraller kil mineralleri, opal-CT, zeolit ve/veya kalsitir. Kil mineralleri her iki saha için Ca-simektit ile temsil edilir. Bunlara ilave olarak Kavaklar yöresindeki oluşuklardan özellikle litik bileşen içerenlerde Na-Ca- ve Na-simektitlere rastlanılmaktadır. Tirebolu yöresinde ise Kavaklar'dan farklı olarak nadiren kaolinit bulunur. Her iki oluşukta da yanal ve düşey yönde bir mineralojik zonlanma ve değişim gözlenmemiştir.

Volkanik camın ilk ve son alterasyon ürünleri zeolit+simektit veya zeolitler ve simektitlerdir (Rice vd., 1992). Bentonitlerle birlikte büyük miktarda karbonat kayaçlarının bulunmaması Ca'nın çevreden kaynaklanmadığını ve ortamın alkalinitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Çevre volkanitlerle karşılaştırıldıklarında bentonitlerin daha yüksek oranda MgO'e sahip olması killeşme esnasında solüsyondaki zenginleşme ve deniz suyu ile bir sirkülasyonun varlığını işaret eder. Opal-CT gibi silis polimorflarının oluşumları ise simektitleşmeden

arta kalan silisten itibaren kristallenme ile açıklanabilir.

Tirebolu bentonitler içerisinde yaklaşık 5cm kalınlığındaki kaolinit çok az oranda simektit içeren seviyenin varlığı volkanik cam ve feldispatların bozuluşması esnasında açığa çıkan elementlerden ilk olarak simektitin oluştuğu ve bu esnada Ca'un simektit tarafından tüketilmesi ve hareketli olan elementlerde Na ve K'un aşağıya doğru yıkanması sonucunda ortamın daha asidik hale gelmesi ile açıklanabilir. Asidik hale gelen ortamda kaolinit oluşmuş ve alt zonların Na'ca zenginleşmesi mordenitin oluşumu ile sonuçlanmıştır.

Tüm-kayaç jeokimyasal verilerine göre; bentonit örnekleri çevreleyen kayaçlarla benzer şekilde düşük Sr, Ba, Ti, P ve yüksek K, Rb, Th içeriklerine sahiptirler. Kil oluşuklarına ait tüm örnekler benzer nadir toprak element dağılımı gösterirler. Bentonitler farklı piroklastik ürünlerden oluşumu ifade eder şekilde değişken derecede negatif Eu anomalisine sahiptirler. Kil fraksiyonu çalışmaları ışığında Si ve Al^{IV} tetrahedral, Al^{VI}, Mg, Fe, Ti ve nadiren Mn oktahedral, Ca, Mg, Na ve K katman arası katyonlar olarak belirlenmiştir. Bunlara ilave olarak bazı örnekler değişebilir Al içerirler. Kavaklar ve Tirebolu bentonitlerin muhtemel oluşum yaşları olan Geç Kretase döneminde enerjinin düşük olduğu sığ denizel bir ortamda killeşme süreci piroklastik malzemenin ortama girişi ile başlamış olmalıdır.

Böyle bir ortamda volkanik küllün deniz ve az oranda meteorik su karışımı bir sıvı ile alterasyonu düşük sıcaklık ve sıkışma hızına bağlı olarak bentonit ve/veya zeolitlerin oluşumunu sağlayabilir. Elbette killeşme süreci ortamın pH'ı, malzeme getirimini sağlayan patlamanın hızı ve süresi, malzemenin tane boyu, tuzluluk ve/veya alkalinite, organik materyal içeriği, taze suyun ve klastik malzemenin ortama girmesi gibi faktörlerce etkilenir. Elementlerin konsantrasyonlarındaki değişimler elementlerin hareketli ve hareketsiz olma kabiliyeti kadar alterasyonun derecesi ve hızı ile kontrol edilmiştir.

5 KATKI BELİRTME

Bu çalışma, KTÜ BAP birimi tarafından 2002.112.005.4 ve 20.112.005.9 nolu projeler kapsamında desteklenmiştir.

Tablo 1. Tirebolu ve Kavaklar bentonitleri ortalama ana, iz ve nadir toprak elementleri içerikleri.

Lokasyon	Tirebolu bentoniti	Kavaklar Bentonitleri					
		Kavaklar	Yüceler	Tavkutlu	Asarkaya	Yedikapı	Cevizdere
%							
SiO ₂	68.76	65.28	72.76	73.11	74.51	68.58	73.6
Al ₂ O ₃	12.55	0.13	0.14	0.11	0.09	0.15	0.1
Fe ₂ O ₃ *	1.08	14.13	11.71	12.23	10.75	12.81	11.67
MgO	2.86	0.89	0.99	0.64	0.66	1.2	0.67
CuO	1.06	0.02	0.01	0.01	<.01	0.05	0.01
Na ₂ O	0.25	2.95	0.88	0.7	1.57	0.95	1.12
K ₂ O	0.48	1.43	1.14	2.13	1.05	0.98	1.12
TiO ₂	0.15	0.87	1.38	0.34	1.26	2.27	0.88
MnO	0.05	1.06	1.74	1.53	1.2	3.92	1.87
A.K.	12.36	13.17	9.2	9	9.4	9	8.9
Toplam	99.60	99.93	99.95	99.80	100.49	99.91	99.94
İz elementler (ppm)							
Ba	997.88	28	42	27	16	61	22
Sc	3.38	1.81	1	1	1	2	1
Co	1.40	0.74	3	1.1	0.5	1.9	0.7
Cs	4.31	3.95	5.4	5.6	4.4	6.9	7.5
Ga	12.21	15.38	15.3	13.8	15.2	13.6	16.3
Hf	3.78	3.81	4	3.7	3.3	3.7	3.7
Nb	8.14	15.36	44.6	14.4	44	13.3	45.9
Rb	25.65	62.21	134.3	114.8	51.6	195.2	185.6
Sn	1.63	1.64	2	1	2	2	3
Sr	125.36	165.67	113.5	395.7	159.9	101.1	108.3
Ta	0.90	1.38	4.7	1.2	4.5	1.2	4.9
Th	26.71	29.95	30.1	29.9	19.3	35	23.8
U	4.51	3.18	3.8	2.1	0.9	11	14.7
V	3.63	5.4	13	8	<5	12	<5
W	2.19	3.86	2	6	1	5	1
Zr	109.11	112.86	138.3	117.6	83.2	124.9	111.9
Y	27.09	18.21	19.3	10.4	14.4	15.7	15.7
Nadir toprak elementler (ppm)							
La	60.24	35.72	44.3	32.2	30.6	40.7	28
Ce	104.26	65.01	80	68.3	34.1	70.9	42.3
Pr	10.38	5.8	6.96	5.77	4.16	6.36	4.25
Nd	33.48	18.27	21.7	18.3	12.3	19.4	13.2
Sm	5.53	2.97	3.5	2.8	2.3	2.7	2.3
Eu	1.11	0.41	0.36	0.42	0.13	0.46	0.15
Gd	4.37	2.27	2.75	1.87	1.83	2.2	1.63
Tb	0.70	0.36	0.43	0.28	0.29	0.34	0.3
Dy	4.05	2.44	2.74	1.57	1.99	2.12	1.97
Ho	0.84	0.58	0.61	0.34	0.44	0.51	0.5
Er	2.45	1.98	2.04	1.05	1.39	1.83	1.6
Tm	0.37	0.33	0.32	0.17	0.22	0.3	0.26
Yb	2.49	2.52	2.54	1.33	1.77	2.5	1.97
Lu	0.41	0.39	0.38	0.19	0.29	0.44	0.31

Fe₂O₃*, Fe₂O₃ cinsinden toplam demir. AK, Ateşte kayıp (toplam uçucu içeriği)

KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E., 2002. Kavaklar (Ünye-Fatsa, Ordu) yöresindeki kil oluşuklarının mineralojik, jeokimyasal ve kökensel incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 132s (Yayınlanmamış).
- Abdioğlu, E. ve Arslan, M., 2005. Mineralogy, geochemistry and genesis of the bentonites of the Ordu area, NE Turkey. *Clay Minerals*, 40, 131-151.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S. ve Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the Eastern Pontide volcanic rocks, northeast Turkey. *Chemi Der Erde*, 57, 157-187.

- Arslan, M., Kolaylı, H. ve Abdioğlu, E., 2005. Tirebolu (Giresun) yöresindeki kil yataklarının jeolojik, mineralojik, jenetik ve ekonomik özelliklerinin incelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Projesi, Proje No:2002.112.005.4, 56s (Yayınlanmamış).
- Arslan, M., Kadir, S., Abdioğlu, E. ve Kolaylı, H., 2006. Origin and formation of kaolin minerals in saprolite of Tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey. *Clay Minerals* (baskıda).
- Besson, G., Bookin, A. S., Dainyak, L. G., Rautureau, M., Tsipursky, S. I., Tchoubar, C. ve Drits, V. A., 1983. Use of diffraction and Mössbauer methods for the structural and crystallochemical characterisation of nontronites. *Journal of Applied Crystallography*, 16, 374-383.
- Brown, G. ve Briendley, G. W., 1980. X-Ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification, Brindley, G. W., Brown, G. (eds), 305-360, Monograph 5, Mineralogical Society, London.
- Caillère, S., Hénin, S. ve Rautureau, M., 1982. Minéralogie des Argiles, II: Classification et Nomenclature. Masson et Cie, Paris.
- Çelik M., Karakaya N. ve Temel A., 1999. Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 47, 708-717
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidler'in 1/25.000 Ölçekli Kompilasyonu. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara (Yayınlanmamış).
- Jackson, M. L., 1956. Soil Chemical Analysis-Advanced Course. Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, published by author, 991s.
- Jackson, M. L., 1956. Soil Chemical Analysis-Advanced Course. Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, published by author, 991s.
- Jeans, C. V., Wray, D. S., Merriman, R. J. ve Fisher, M. J., 2000. Volcanogenic clays in Jurassic and Cretaceous strata of England and the North Sea Basin. *Clay Minerals*, 35, No. 1, 25-55.
- Jones, J. B. ve Segnit, E. R., 1972. The nature of opal I. Nomenclature and constituent phases. *Journal of Geological Society of Australia*, 18, 57-68.
- Keller, W. D., 1978. Classification of Kaolins Exemplified by Their Textures in Scan Electron Micrographs, *Clays and Clay Miner.*, 26, 1-20.
- Keskin, İ., Yergök, F. A., Kara, H., Dönmez, M., Arslan, M., 1998. Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu) Dolayımın Jeolojisi, M.T.A. Raporu, J. D. 602, 10182, Ankara.
- Kunze, G. W., 1965. Methods of Soil Analysis. In: Black, C. A., (ed), Agronomy Society of American Inc., Chapter 44, 568-577.
- Rice, S. B., Papke, K. G. ve Vaughan, D. E., 1992. Chemical controls on ferrierite crystallization during diagenesis of silicic pyroclastic rock near Lovelock, Nevada. *American Mineralogist*, 77, 314-328.
- Sun, S.S., Mcdonough, W.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. In: Saunders A.D. and Norry M.J. (Eds), Magmatism in Ocean Basins. *Geol. Soc. London. Spec. Pub.*, 42, 313-345.
- Yalçın, H. ve Gümüşer, G., 2000. Mineralogical and geochemical characteristics of Late Cretaceous bentonite deposits of the Kelkit valley region, Northern Turkey. *Clay Minerals*, 35, 807-825.
- Winchester, J. A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.

Gümüşhane İli Maden Potansiyeli ve Bölge Ekonomisindeki Önemi

İ. Akpınar, Y. Demir & E. Akaryalı

KTÜ, Gümüşhane Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., Gümüşhane, Türkiye

ÖZET: Bakır, kurşun, çinko rezervleri bakımından zengin olan Doğu Karadeniz Metalojen Bölgesi'nde yer alan Gümüşhane baz metallerin yanısıra altın ve gümüş gibi kıymetli metaller açısından da önemli potansiyele sahiptir. Gümüşhane yöresindeki ana cevherleşmeler skarn, damar ve saçınım tipte görülürler. 1980'li yıllarda MTA'nın Gümüşhane İli'nde yaptığı arama çalışmaları sonucu 22 adet metalik maden, 18 adet endüstriyel hammadde, 4 adet enerji hammaddesi yatakları tespit edilmiştir. Metalik maden yataklarından 11 tanesi ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Yörede altın ve gümüş aramaları 1990'lı yıllarda hızlanmış ve bunun sonunda da Mastra, Kaletaş ve Olucak'ta önemli miktarlarda altın ve gümüş potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan özellikle Mastra altın madeni bölgedeki madencilğe anlamlı bir ivme kazandırabilecek düzeydedir. Arzular Beldesi civarında MTA'nın yürüttüğü altın ön arama çalışmaları sonucu da ümit vericidir. Gümüşhane ili ekonomisine önemli katkılar yapması beklenen Mastra altın madeninin yanı sıra, Hazine Mağara, Kırkpavli, Köstere ve Istala maden sahalarında bulunan Pb-Zn-Ag-Cu-Au cevherleşmeleri detaylı etüd ve geliştirilmeyi beklemektedir.

ABSTRACT: Gümüşhane, located in base metal-rich (Pb-Zn-Cu) Eastern Black Sea Metallogeny Region, has important precious metal (Au-Ag) potential besides base metals. Main ores in Gümüşhane District are skarn, vein and disseminate type. Through the exploration of MTA in 1980s, 22 metallic ore, 18 industrial, and 4 energy raw-material deposits were determined. Eleven of metallic ores carry economic importance. Gold-silver exploration in the area gained a fast pace in 1990s and important amount of gold-silver potential was found in Mastra, Kaletas and Olucak. Among these, especially, Mastra is a level of giving a meaningful acceleration to mining in the area. Also, the reconnaissance survey results for gold exploration by MTA in Arzular, subdistrict of Gümüşhane, are promising. Besides Mastra gold mine, expected to give an important contribution to economy of Gümüşhane, in Hazine Mağara, Kırk Pavli, Köstere and Istala mine fields, Pb-Zn-Ag-Cu-Au mineralisations are waiting to be explored in detail and developed.

1 GÜMÜŞHANE YÖRESİ MADEN YATAKLARI VE MADEN POTANSİYELİ

1.1 Genel Jeoloji

Doğu Pontid Tektonik Birliği'nin güney kesiminde yer alan Gümüşhane yöresi (Ketin, 1966) sırasıyla Hersinyen ve Alp Orojenezlerinin etkisinde kalmıştır. K-G yönünde oluşan bölgesel sıkışma tektoniği Gümüşhane yöresinde genellikle KB-GD yönünde bir kırık tektoniğinin gelişmesine neden olmuştur.

Yörede temel kayaları, Gümüşhane İli'nin güney kesiminde bulunan esas olarak gnays ve biyotit şistten oluşan ve DKD-BGB yönünde uzanan Paleozoik yaşlı Kurtoğlu Metamorfitleri oluşturur (Şekil 1). Geç Paleozoyik dönemde bu metamorfitler içine Gümüşhane Graniti sokulum yapmıştır. Gümüşhane il sınırları içerisinde kalan bölgelerde değişik araştır-

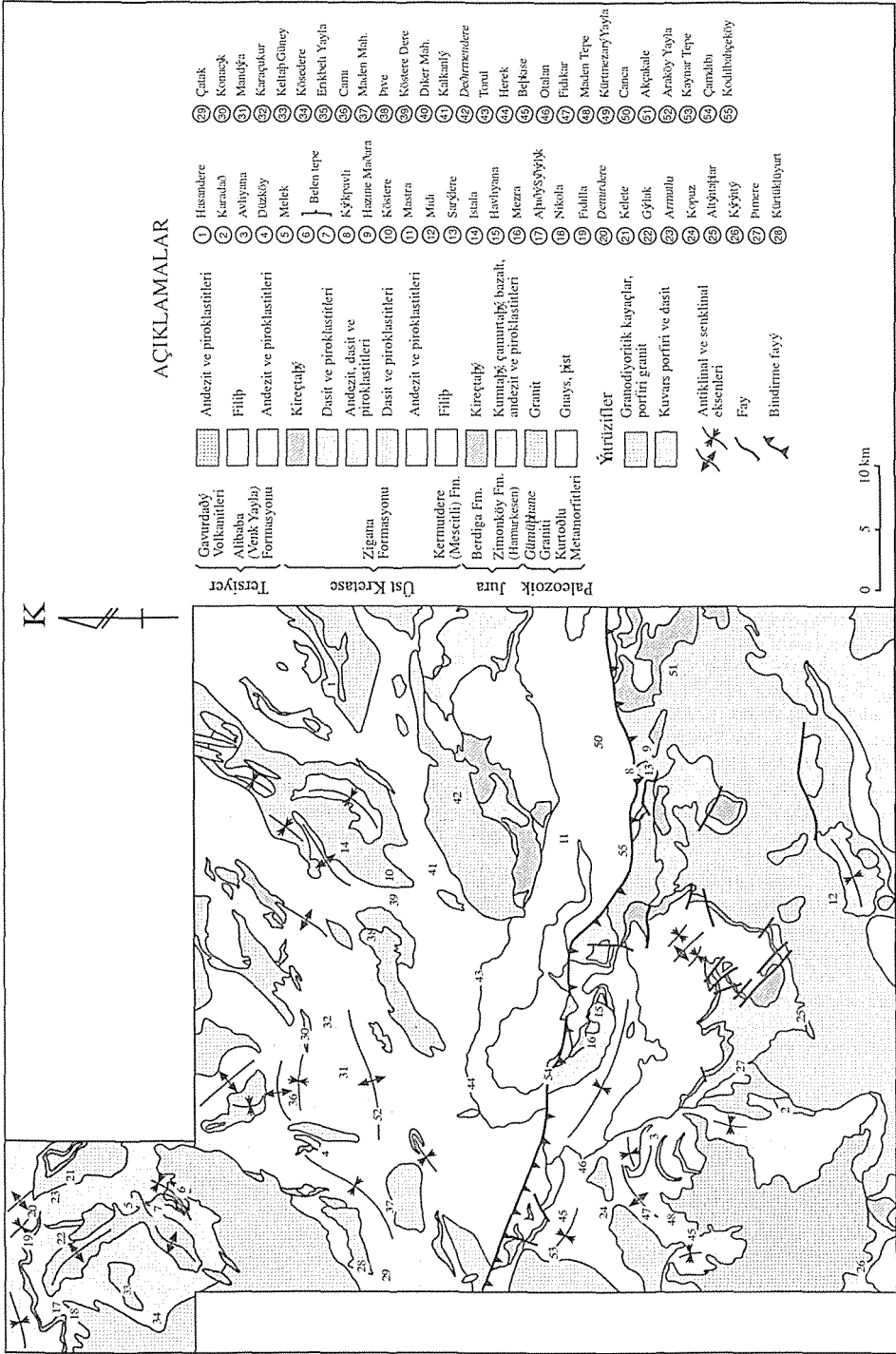
macılar tarafından genelde granodiyorit, adamellit ve ince taneli porfirik granit olarak gözlemlenen Gümüşhane Graniti içinde yer yer küçük ölçekli dolerit ve diyorit sokulumları da bulunur (Yılmaz, 1972). Tabandaki bu metamorfik ve granitik kayalar bazen spilitik karakterli lavlar, çört, dasitik tüf ve kumtaşı içeren bazaltik kayalardan oluşan Alt Jura-Liyas yaşlı Zimonköy (Hamurkesen) Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülürler. Zimonköy Formasyonu'nu uyumlu olarak genelde bölgenin güney kesiminde yayılım gösteren grimsi beyaz ve beyaz renkte, çoğunlukla masif tabakalı ve dolomitik özellikteki Berdiga Formasyonu örter. Bölgenin güneyinde bazaltik aktivite bu formasyonun altında gözlemlenir ve dasitik kayalar Zigana Formasyonu'nun sonraki fazlarıyla birlikte bulunurlar. Bu bölgede detaylı jeolojik çalışmalar yapan araştırmacılar Zigana Formasyonu'nu beş alt birime ayırmışlardır.

Jeolojik Yapı	Fomasyon	Üye	Kalınlık	Kolon Kesit	Kayaç Fasiyeleri	Sokulum Kayaçları	Mineralleşme	
Senozoyik	Tersiyer	Eosen	m	Q ₀ Q ₁				
				Gavurdağı Volkanit.	Tga	andezit, riyoit ve piroklastikleri		
				Alibaba (Venk Yayla)	Tva	andezit ve piroklastikleri		
					Tvf	kilitağlı kumtağlı andezit		
Mesozoyik	Üst Kretase	Zigana	D2	250	Kzd ₂	andezit		
			A2	500	Kzd ₂	kireçtağlı andezit ve piroklastikleri	Melek(Cu,Fe) (S) Belen Tape(Cu,Pb,Fe) (S)	
			D1	500	Kzd ₁	dasit ve piroklastikleri	İstala(Cu,Pb,Zn,Ba) (S) Köstere(Cu,Pb,Zn) (V)	
			A1	> 4,000	Kz1	kireçtağlı kıymıyıkireçtağlı	Dizköy(Cu,Pb,Fe) (S) Hasandere(Cu,Mo) (P)	
			Kermüdere (Mesçitli)		Kza1	andezit ve piroklastikleri		
					Kzb	andezit ve piroklastikleri		
					Kzf	andezit ve piroklastikleri		
					Kz1	andezit ve piroklastikleri		
					Kz1	andezit ve piroklastikleri		
					Kz1	andezit ve piroklastikleri		
Paleozoyik	Kıvrıklı Metamorfite Gümüşhane Graniti			Pkg	gnays			
				Pgg	ist	granit		
				Jura	Doger-Malm	Jk _{ul}	masif kireçtağlı	Hazine Maçara (Ag, Pb, Cu) (R)
				Liyas	Kuşaklıkaya (Berdiga) Kireçtaşı	Jk _l	kıymıyıkireçtağlı	
				Kırıklı (Zimonköy)		Jks	bazalt ve piroklastikleri	
Paleozoyik	Kıvrıklı Metamorfite Gümüşhane Graniti			Jkl	kıymıyıkireçtağlı	Midi(Zn) (V)		
				Jkl	dasitik tüf			
				Jkl	komürlü çamurlu konglomer			
				Jkl	komürlü çamurlu konglomer			
				Jkl	komürlü çamurlu konglomer			

(V) Damar Tip (S) Skarn Tip (S) Stratiform Tip (P) Porfiri Tip (R) Dolgu Tip

Türk-Japon Ekibi, 1985

Şekil 1. Gümüşhane ili ve çevresinin genelleştirilmiş dikme kesiti ve ilgili cevherleşme tipleri.



Şekil 2. Gümüşhane ve yakın çevresinin jeolojik haritası ve bazı önemli cevherleşme lokasyonları (Türk-Japon Ekibi, 1985).

Kermutdere Üyesi Gümüşhane Graniti'nin kuzey ve kuzeybatısında yayılım gösterir ve bu kesimlerde çoğunlukla çamurtaşı, kumtaşı ardalanması şeklinde bir litolojiye sahip olmasına karşın, Torul Gümtüştüğü (Avliyana) Köyü civarında çamurtaşı, kumtaşı ardalanması aniden kesilerek andezitlere geçiş göstermektedir. Zigana Formasyonu'nun büyük bir kısmını oluşturan A1 üyesi kalkerli silt taşları içeren, fliş karakterli ve fosilli tortul bir birimdir.

Bu birim Berdiga Formasyonu'nu sık sık uyumsuz olarak örter. D1 üyesinin esas kayaları olarak bölgenin güneyinde fliş karakterdeki sedimanter formasyonların gelişmesi, bu periyod boyunca andezitik volkanik aktivitenin durduğunu işaret eder. Masif kireçtaşı, kırmızı renkli kireçtaşı, çamurtaşı, kumtaşı ve diğer oluşuklar bu formasyon içinde devamsız ara katkılar şeklinde bulunurlar. A2 üyesinin esas kayaları andezit ve andezitik piroklastitlerdir ve A1 üyesine benzerler. Bu birim Zigana Geçidi'nin kuzeyinde oluşur ve D1 üzerine uyumlu olarak gelir. D2 üyesi ise soluk yeşil-beyazımsı gri renkli dasidik kayalardan oluşur ve A2'yi uyumlu olarak örter.

Zigana Formasyonu üzerine uyumsuz olarak andezitik volkanik kayalar ve fliş karakterli tortul kayalardan oluşan Eosen yaşlı Alibaba (Venk Yayla) Formasyonu gelir. Alibaba Formasyonu bölgenin orta kısmında Çit, Dibekli (Kodilbahçe), Yeşildere (Haşara Deresi) kesimlerinde yayılım gösterir. Bu bölgenin en üst oluşumunu Geç Eosen yaşlı olduğu düşünülen Gavur Dağı Volkanitleri oluşturur (Şekil 2). Bu volkanitler bölgenin güney batısında deniz seviyesinden 2500 m'den daha yüksek alanlarında (Şiran, Karadağ gibi) dağılım gösterirler ve esas olarak belirgin çatlaklı, masif yapıda, tuf ve lav breşlerince zengin olan andezitlerden oluşurlar.

Bölgedeki sokulum kayaları çoğunlukla granodiyorit ve kuvars porfiridir. Bununla birlikte küçük ölçekte dasit ve dolerit daykları da bulunur. Büyük ölçekteki granodiyorit kütleleri özellikle Torul, Kürtün ve Kopuz bölgelerinde gözlenir. Kurtuluş Metamorfitleri ve Zigana Formasyonu'nu kesen Torul Granitoidi, granodiyorit ve monzonitik karakterde olup genellikle KD-GB yönünde uzanır (Kaygusuz, 2000). Doğuya doğru bu kayalar ince taneli dasitik karaktere değişir. Kürtün'den Doğankent'e kadar geniş bir alanda uzanan ve bir batolit olan Kürtün Granodiyoriti kısmen kuvars porfiri ve dolerit dayklarıyla birlikte bulunur. Kopuz Granodiyoriti ise üç parçadan oluşan stok şekilli ince taneli, yer yer piritli ayrıma zonları içeren bir biyotit-amfibol granodiyorittir. Dasit, kuvars porfir ve diğer genç volkanik kayalar Zigana Formasyonu içinde KD-GB yönlerinde ve nadiren KB-GD yönünde yerleşmişlerdir ve pirit içerirler. En genç sokulum kayacı olan kuvars porfiri Alibaba Formasyonu'nu ve granodiyoriti kesmiştir.

Bölgede bindirmeler büyük ölçüde D-B yönündedirler ve KD-GB yönlü kıvrımlı yapılarla kontrol edilmişlerdir. Daha genç olan granodiyoritler kıvrımlı yapıların eksenleri boyunca sokulum yapmıştır (Türk-Japon Ekibi, 1985).

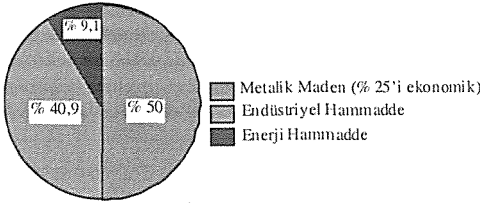
1.2 Maden Arama Çalışmaları ve Mevcut Durum

Cumhuriyet döneminde Gümüşhane kurşun-çinko yatakları ilk defa Ölsner (1935) tarafından incelenmiştir. Ölsner, yöre yataklarını kireçtaşlarının içerisinde metazomatik; granitler içerisinde de damar tipi olmak üzere ikiye ayırmıştır. Kovenko'ya (1937) göre yörede üç ayrı tipte cevherleşme izlenmektedir. Bunlardan Hazine Mağara ve Kırkpavli yatakları mercek, Dere Maden zuhurları damar şekillidir. Ayrıca kireçtaşı çatlaklarında yer yer oksidasyon zonu minerali içeren önemsiz damarlar bulunmaktadır.

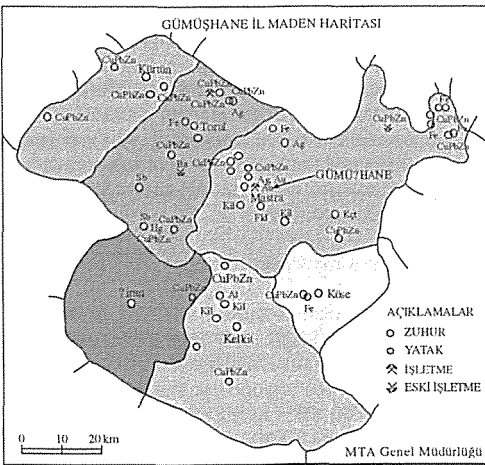
Yatakları çok kısa bir süre için ziyaret eden Schumacher (1937) ise, bunların damar şeklinde oluştuklarını belirtmiştir. Dandria'ya (1940) göre, Hazine Mağara Madeni Üst Kretase kireçtaşlarını ornatın mezotermal cevher eriyikleri tarafından oluşturulmuştur. Pejatovic ve diğerleri (1970), yatakları magmatik kayalar içerisinde damar, kireçtaşları içerisinde de metazomatik olmak üzere iki ayrı gruba ayırmışlardır. Çoğulu (1970), yatakları civarındaki granitoid ile Rize Granitik Plütönu'nu karşılaştırarak, bunların petrolojik ve jeokronometrik etütlerini gerçekleştirmiştir. Bosch ve diğerleri (1974), yöreyi "Birleşmiş Milletler Merzifon, İspir Jeokimya Projesi" kapsamında incelemiş ve elde edilen verilerin ışığı altında Gümüşhane Yöresi'nin yeni maden yatakları bulmada ümit verici olduğunu belirtmiştir. Yılmaz (1976), heterojen görümlü Gümüşhane Graniti'ni petrografik özelliklerine göre granodiyorit, Çamlıca-adamelliti, Gümüşhane-adamelliti ve porfirik mikrogranit olmak üzere dörde ayırmıştır. Ayrıca Gümüşhane Graniti'ne bağlı oluşmuş apilit, pegmatit ve kuvars damarlarının varlığını ortaya koymuştur. Kamitani ve diğerleri (1977), yörenin Paleozoik granitoidlerini, Üst Kretase kireçtaşlarını ve Eosen volkanitlerini incelemiş ve cevherleşmenin çoğunlukla kireçtaşı, marn ve şeyllerden oluşan Üst Kretase yaşlı birimler içerisinde gerçekleştiğini vurgulamışlardır. Erbayar ve Ödevci (1979), işletilen yataklardan aldıkları cevher örneklerinden Pb, Zn, Cu ve Ag analizleri yaptırılmışlar ve Hazine Mağara Madeninin yüksek oranda gümüş içerdiğini belirlemişlerdir. Öztunalı'ya (1983) göre, yöre cevherleşmeleri BKB-DGD doğrultulu faylar boyunca Üst Kretase yaşlı dolomitik kireçtaşlarının üst seviyeleri içerisinde damar şeklinde yataklanmıştır. Çınar ve diğerleri (1983), Gümüşhane çevresinde geniş bir alanın 1/25000 ölçekli jeolojik haritası ve maden prospeksiyonunu, Güner ve diğerleri (1985) ise,

Gümüşhane kurşun-çinko yataklarının ayrıntılı jeolojik etüdünü gerçekleştirmişlerdir.

1980'li yıllarda MTA'nın Gümüşhane İli'nde metalik maden, endüstriyel ve enerji hammaddelerine yönelik arama çalışmaları oldukça fazladır. 1990'lı yıllarda ise bölgede altın ve gümüş aramaları hızlanmış ve bunun sonucunda da Mastra, Olucak ve Kaletaş'ta önemli miktarlarda altın ve gümüş potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. Gümüşhane ili genelinde MTA ve özel sektör firmaları tarafından yapılan arama çalışmaları sonucu 22 adet metalik maden (Cu, Pb, Zn, Fe, Au ve Ag), 18 adet endüstriyel hammadde (barit, refrakter kil ve kireçtaşı) ve 4 adet enerji hammaddesi (kömür) yatakları tespit edilmiştir. Metalik maden yataklarından 11 tanesi ekonomik açıdan önem taşımaktadır (Şek. 3-4). Bu yataklardan Mıdı (Karamustafa), Eğlence Yayla ve Köstere'de 136.000 ton Zn, 140.000 ton Pb varlığı saptanmıştır. Hazine Mağara, Karadağ, Eğrikar, Kırkpavli ve Istala'da da önemli miktarlarda altın rezervi olması muhtemel olduğu belirtilmiştir (Güner ve diğ., 1994). 1990'lı yıllardaki aramalar olumlu sonuç verince özel sektör harekete geçmiş yerli, yabancı ve yerli-yabancı ortaklığı olan maden şirketleri Gümüşhane'ye maden arama ve yatırım yapmaya yönelmişlerdir.



Şekil 3. Gümüşhane İli genelinde yapılan maden arama çalışmalarının yüzde dağılımları.



Şekil 4. Gümüşhane İli maden haritası (MTA Gen. Müd.)

Ayrıca Arzular Beldesi civarında MTA'nın 1990'lı yıllardan 2005 yazına kadar aralıklı olarak yaptıkları altın ön arama çalışmaları sonucunun ümit verici olduğu görülmüş ve rezerv tespiti için sondajlı detay arama çalışmaları devam etmektedir (Güner ve diğ., 2005). Halen Gümüşhane İli'nde maden (baz metal ve kıymetli metal) arayan 15 yerli ve yabancı şirketin 165 ruhsatlı maden sahası vardır (Çizelge 1).

Yapılan detaylı aramalar sonucunda daha önceleri potansiyel alan olarak nitelendirilen Mastra (Demirkaynak Köyü)'da 12 ton, Kaletaş'ta 5 ton altın (metal) rezervi tespit edilmiştir. Mastra Altın Madeni Gümüşhane ekonomisine ve bölgedeki madencilik gelişmesine anlamlı bir ivme kazandırabilecek düzeydedir. Mastra Madeni'nin 12 ton metalik altının yanı sıra 20 ton metalik gümüş rezervine sahip olduğu ortaya konmuştur. Türk şirketi Koza Altın İşletmeleri A.Ş., Mayıs 2006' da Gümüşhane Mastra Madeni'nde ilk altın üretimini gerçekleştirmiş bulunmaktadır.

Çizelge 1. Gümüşhane Bölgesinde maden ruhsatı bulunan şirketler ve ruhsat sayıları (Gümüşhane İl Özel İdare kayıtları, 2006).

No	Şirket Adı	Ruhsat Sayısı
1	Koza Altın İşletmeleri A.Ş.	12
2	Yeni Anadolu Maden. A.Ş.	61
3	Tüprağ Madencilik	22
4	Teck Cominco	15
5	Eurasia Madencilik	6
6	Rio Tinto	11
7	BHP Madencilik A.Ş.	13
8	Gümüştaş-Pusula Maden. A.Ş.	2
9	Norando Madencilik	2
10	Ber-Oner Madencilik	9
11	Galata Madencilik	5
12	Doğu Akdeniz Madencilik	3
13	Park Ener. Ekip. Maden. San.	1
14	Pregold Madencilik	2
15	3S Madencilik A.Ş.	1
Top.		165

1.3 Cevherleşme

Gümüşhane Bölgesi'ndeki ana cevherleşmeler skarn, damar, saçınım (porfiri) tipte görülürler, ancak stratiform (tabakaya uyumlu) ve dolgu tip oluşumları da vardır. Esas cevher türü olarak demir, bakır, altın, gümüş, kurşun, çinko, molibden, demir sülfürler ve barit sayılabilir. Cevherleşmelerin çoğu Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu içinde oluşmuştur.

Skarn cevherleşmeleri bir intrüzif kayaç ile Zigana Formasyonu'nun kireçtaşları ve andezit birimleri kantağında oluşurlar ve başlıca demir mineralleri ile az oranda kalkopirit, sfalerit ve galen içerirler.

Damar tip cevherleşmeler Zigana Formasyonu içinde ve Gümüşhane Graniti ile Zimonköy Formasyonu ve esas bileşimini andezit ve andezit piroklastitlerinin oluşturduğu Ali Baba Formasyonu arasında görülür.

Saçınım halindeki (porfiri tip) cevherleşmeler Tersiyer yaşlı granodiyorit ile ilişkilidirler. Cevherleşme granodiyorit stoklar içinde, Zigana Formasyonu yakınlarında ve kontaklarda oluşur.

Cevherli zonlar Karadağ (Şiran) Madeni'nde (Cu-Zn), Beşkise (Torul), Sarıdere (Merkez-Eskigümüşhane) ve Değirmendere (Kalkanlı-Zigana) de pirit olarak görülür. İstala (Zigana-Torul) (Cu-Pb-Zn-Ba) Madeni ise stratiform şekillidir ve Kuroko tip cevherleşmelere benzerlik gösterir (Demir, 2005).

1.3.1. Skarn Tip Cevherleşmeler

Bölgede bu tip cevherleşmeler genelde granodiyorit ve kuvars porfir bileşimli intrüzyonların Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu içindeki kireçtaşı ve andezit birimlerine sokulum yapmasıyla gelişmiştir.

Karadağ Madeni, Düzköy ve Melek Cevherleşmeleri, Belen Tepe Cevherli zonu önemli skarn oluşumlarıdır. Kürtün Granitoidi ile ilişkili olan Düzköy ve Melek cevherleşmeleri küçük ölçekte olup, Düzköyde ana cevher mineralleri spekülait, galen ve pirit, Melek Cevherli Zonunda ise spekülait ve magnetit. Kalkopirit ve sfalerit her ikisinde de az oranlarda bulunur. Skarn tip cevherleşmelerin en önemlileri olarak sadece Karadağ Madeni ve Belen Tepe Cevherli Zonu sayılabilir.

1.3.1.1. Karadağ Madeni

Bu cevherleşme Altıntaşlar'ın 6 km batısında Galiz Dere'nin bir kolu olan Maden Dere'nin kaynağına doğru skarn tipte oluşmuş bir bakır-çinko-demir madenidir. Eski maden işletmesinin kalıntıları deniz seviyesinden 2500 m yüksekliklerdedir. Granodiyorit porfiri, ayrılmış kuvars porfiri, diyorit ve ayrılmış granodiyorit intrüzyonlarıyla ilişkili olan bu cevherleşmeler Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu içinde andezit ile kireçtaşı arasındaki kontakta skarn zonunda oluşmuştur. Andezit-kireçtaşı kontağı skarnlaşmıştır. Garnet ve epidot mineralleri izlenir. Madenin yakınlarında kuvars porfiri ve porfiritik granodiyorit, Zigansyonu'nun andezit ve kireçtaşlarına sokulum yapmıştır. Kuvars porfir Galiz Dere'den Maden Dereye kadar 1 km D-B yönünde ve 4 km K-G yönünde bir alanda izlenir ve Gümüşhane Graniti ile kontak yapmıştır.

Cevher minerallerinin hemen hepsi oksitlenmiştir. Fakat ikincil bakır oksitler maden atıkları içindeki garnet skarn örneklerinde görülmektedir. Bu madenin güney kesiminde 400 m'lik bir uzantıda kireçtaşları doğrultusu boyunca cevherleşme

belirtileri görülmektedir. Karadağ Madeni çok eski zamanlarda bir yeraltı işletmesi olarak işletilmiş ve yaklaşık 150.000 ton yüksek tenörlü cevher madenin yakınında eritilerek elde edilmiştir. Maden esas olarak bakır için çalıştırılmış, pirit ve manyetit (demir) oranı ise düşüktür (Türk-Japon Ekibi, 1985).

Ana kayacın kireçtaşı olması ve bu yatağın Amerika'daki skarn yataklarıyla birlikte bulunan porfiri bakır tip yataklara benzerlik göstermesinden dolayı buradaki bakır cevherleşmesinin büyük ölçekte olabileceği düşünülmektedir.

1.3.1.2 Belen Tepe Cevherli Zonu

Bu zon Kürtün'ün 10 km K-KB'sinde 1600-2000 m yükseltilerde yayılım şeklinde oluşur. Cevherleşme demir, bakır, kurşun, çinko skarnları şeklindedir.

Buradaki jeoloji esas olarak Üst Kretase yaşlı andezitik piroklastitler, masif kireçtaşları (Zigana Formasyonu, A2 üyesi) ve bunlara sokulum yapan granodiyoritten oluşur. Kireçtaşı iki zona bölünmüştür. Her iki zonun kalınlığı birkaç 10 m'den 100 m'nin üzerine kadar değişir ve tabakalar hemen hemen yataydır. Sokulum yapan granodiyorit kütlesi Kürtün Batoliti'nin bir parçası olup, KD-GB doğrultusunda yerleşmiştir (Türk-Japon Ekibi, 1985). Bu mineralli zonda birçok cevherleşme belirtileri ve eski işletme izleri mevcuttur. Bunlar kuzeyden güneye doğru Dere Maden, Kuru Madeni (MTA kayıtlarına göre yüksek tenörlü cevher % 7.8 Cu, % 1.38 Pb, % 18.57 Zn içermektedir), Sulucaoba Yayla yakınındaki Eski Galeri, Körükalam Obası Yaylanın doğusundaki Eski Galeri ve diğerleri sayılabilir.

1.3.2 Damar tip Cevherleşmeler

Bölgedeki damar tip cevherleşmeler küçük fakat yüksek tenörlü yatak oluştururlar. Ana cevherleri, Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Sb ve barittir. Bu damarların genel doğrultuları D-B veya KB-GD'dur (Türk-Japon Ekibi, 1985). Damar tip yatakların en önemlileri Mastra altın-gümüş madeni, Midi sfalerit madeni, Köstere Cu-Pb-Zn madeni ve Kırk Pavli altın-gümüş madeni'dir. Karadağdere ve Gümüştuğ (Torul-Avliyana)'da bulunan antimonit damarları ise çok küçük boyutta olup altın-gümüş içermezler (Tüysüz ve Özdoğan, 1994).

1.3.2.1 Mastra Altın Madeni

Mastra altın madeni Torul'un 10 km güneyinde Aktaş Dağı'nın yaklaşık 1-2 km KB'sindeki dik kuzey yamaçta yer alır. Madene Torul-Gümüşhane yolundan ayrılan yol boyunca yaklaşık 6 km ilerde Mastra (Demirkaynak) Köyü'nden ulaşılır. Yatak Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'nun (Venk Yayla Formasyonu) hornblendli andezit ve piroklastitlerin içinde damar ve ağısal tipte gelişmiştir.

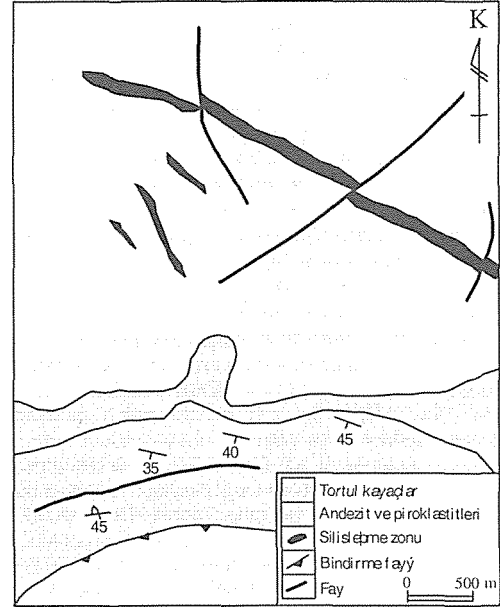
Mastra epitermal altın yatağı, K50-70°B doğrultulu ve 65-80°KD'ye eğimli bir fay zone içinde yer alan bir çok silis damarlarından oluşmuştur (Şekil 5). Bu silisleşmiş damarlar sistemi, 10-120 m genişliklerde ve doğrultu boyunca yaklaşık 2.5 km uzunluğundadır. Damar sisteminin 1.3 km'si altınlu kuvars damarcıklarından oluşur ve damarlar etrafında yoğun hidrotermal alterasyon gelişmiştir. Cevherli kısımın birlikte en fazla görülen alterasyon tipi, silisleşme ve adularya damarcıklarının oluşumudur. Gri renkli ve kalsedon içeren silisleşme, altın mineralizasyonu ile yakından ilişkilidir. Silisleşmiş zonlar arjilik ve serizitik alterasyonlarla çevrelenirler. En dışta klorit ve epidotun yaygın olduğu propilitik alterasyon izlenir (Tüysüz ve diğ., 1995). Mastra'da altın cevherleşmesi hem cevher filizleri hem de ağsal damarlarla birlikte bulunur ve cevher filizleri daha fazla altın içerirler. Cevher filizlerini içeren silis kafaları, genelde merceksi ve düz şekillerde olup derine doğru daralan huni şekilli bir yapıya dönüşürler. Bol gözenekli silis kafalarında izlenen kuvars, masif ve kompakt yapıdadır. Yatakta yersel olarak hidrotermal breşler görülür.

Madende cevherleşmenin kökeni ve mineralojisi hakkında yapılan çalışmalara göre, esas cevher mineralleri altın ve gümüşle birlikte galen, sfalerit ve daha az miktarlarda da kalkopirit, arsenopirit, pirit, dijenit, kovelin gibi mineraller bulunmaktadır. Gang mineralleri olarak kuvars, kalsit, ankerit, jips, illit, klorit, limonit, jarosit, alunit ve adularya bulunur (Tüysüz ve diğ., 1995). Ağsal damarlar önemli miktarlarda altın ve gümüş içerirler. Altın daneleri 10-200 µm boyutu arasında değişir ve çoğunlukla kuvars içinde kaplanmıştır; bazen kuvars içinde 5-20 µm boyutunda, serbest düzensiz taneler şeklinde bulunur. Maden'de sülfid mineralizasyonunun baskın olduğu yerlerde altın konsantrasyonu da yüksektir.

Mastra altın madeni sahası 1500 m yükseklikte ve yerin 150 m. altındadır. Yakın zamanda Eurogold ve daha sonra Koza Altın İşletmeleri A.Ş. tarafından geliştirilen Mastra Madeni'nde "Batı" ve "Doğu" olarak adlandırılmış birbirine paralel iki kuvars damarı bulunur. Damarlar arasındaki mesafe 10-40 m arasında değişmekte olup, her iki damar doğu ucunda birleşirler. 1997 yılında yeraltı ocağı için 1296 m kotunda girilerek 440 m uzunlukta ana nakliye yolu ve biri 270 m, diğeri 230 m uzunluğunda iki yan yol olmak üzere toplam 940 m galeri sürülmüştür.

Maden, 12 gr/t Au tenöründe 1 milyon ton cevhere sahiptir. Hesaplanan rezerv 1450-1300 m kotları için yapılmıştır. 1300 m kotunun altında damarların devamını izlemek ve kesin rezerv hesabı için yeraltı sondajları devam etmektedir. Koza Altın İşletmeleri tarafından maden işletme tekniği olarak, geleneksel kes-doldur yönteminin uygulanacağı Mastra Altın Madeni'nde cevher yukarı doğru alınarak üretim

yapılması planlanmıştır. 25 m. aralıkla 5 kat yapılması planlanan maden ocağında altın üretimi Mayıs 2006'da başlamıştır. Maden üretimi sonunda 12 ton metal altın elde edilmesi beklenmektedir. Ön fizibilite çalışmalarına göre planlanan yıllık cevher üretimi 120.000 ton olup, madenin faydalı ömrü yaklaşık 8 yıl olarak hesaplanmıştır (Koza Altın İşletmeleri, 2006).



Şekil 5. Mastra (Gümüşhane) altın madeni ve çevresinin jeoloji ve alterasyon haritası (Tüysüz ve diğ., 2000).

1.3.2.2 Midi Sfalerit Madeni

Bu maden, Midi Köyü'nün 1.5 km G-GB'sinde yer alır ve K80D doğrultulu ve 60-70°K'e dalımlı damar içinde oluşur. Ana kayaç bazalt, lav ve kalkerli silttaşı ara katkılı bazaltik piroklastitlerden oluşan Zimonköy Formasyonu'dur (Türk-Japon Ekibi, 1985). Esas cevher minerali sfalerit olup az miktarlarda galen, kalkopirit ve pirit bulunur. Mostranın yakınındaki damar oksitlenmiştir. Limonit ve simitsonit gibi ikincil ayrışma mineralleri de gözlenir. Taban kayacı epidotlaşmış, tavan kayacı ise arjiliteleşmiştir. 1984'de küçük ölçekte işletme başlatılmış ve % 26 Zn tenörlü 400 ton Zn satılmıştır. Mostranın yakınında beş ayrı işletme yerinde cevher açık işletme yöntemiyle işletilmiştir. Damar doğrultu boyunca 100 m'den fazla uzanır ve 2-10 m genişliktedir. Damarın doğrultusu aniden KD'ye epidotlaşmış, saçınımlı galen-pirit zonuna doğru değişir. Diğer taraftan yeraltındaki galeri madenin GB uzanımını birkaç metre boyunca kesmektedir. Berdiga Formasyonu

çinde bu damarın kuzeyinde Pb-Zn ile birlikte skarnlaşma mevcuttur.

İlk kez MTA tarafından tespit edilen Midi Madeninde yüzeyden alınan cevheri bol örnekten yapılan kimyasal analizlerde ortalama % 0.15 Cu, % 1.28 Pb, % 17.9 Zn, 55 gr/ton Ag, 7.8 gr/ton Au değerleri saptanmıştır (Kahraman ve diğ., 1984). "Barit Maden Türk" isimli şirket tarafından ruhsatı alınan sahada 1986 yılında detaylı tenör ve rezerv çalışmaları için çeşitli bölgelerde 29 adet sondaj ve 15 yarma açılarak % 4-11 Zn tenörlü (ortalama % 8 Zn) 595.800 ton çinko rezervi tespit edilmiştir (Barit Maden Türk A.Ş., 1996). Maden sahasında yıllık 50 bin ton işleme kapasiteli flotasyon tesisi kurulmuş ve 2000 yılına kadar konsantr çinko üretilmiştir. Bu süre içinde bölge ekonomisine önemli katkıda bulunan işletme, daha sonra madenin tenörü ve uluslararası maden fiyatlarının düşmesi sonucu zarar etmeye başlamış ve 2000 yılı sonlarına doğru kapatılmıştır (Lermi, 2003).

Midi Madeni çevresinde iki farklı birimde gelişmiş, fakat aynı mineral parajenezine sahip iki önemli cevherleşme lokasyonları olarak Köstürelilik Cevherleşmesi ve Maden Dere Cevherleşmesi sayılabilir. Her iki cevherleşmenin mineral parajenezinde cevher minerali olarak pirit, pirotin, kalkopirit, manyetit, tetrahedrit, bornit, arsenopirit, nabit altın, elektrom, enarjit-luzonit, simitsonit, serizit, sfalerit; galen; gang olarak ise limonit, hematit, kalsit, dolomit, ankerit, siderit, kuvars, epidot, klorit, illit, kaolinit bulunur (Lermi, 2003). Cevher Maden Dere'de genelde fay ve kırıklar boyunca yerleşmiş devamı olmayan mercerler şeklinde; Köstürelilik cevherleşmesinde ise breş içerisinde kenarları düzensiz elipsoidale koni şekilli ve 70-80⁰ K-KB'ye dalımlıdır.

1.3.2.3 Köstere Cu-Pb-Zn Madeni

Köstere madeni Torul-Kalkanlı Köyü'nün yaklaşık 1.5 km KB'sinde yer alır. Yatak Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu'nun dasit ve piroklastitler içinde damar tip şeklinde oluşmuş bir bakır-kurşun-çinko madenidir. Köstere Madeni'nin yerleştiği damarın konumu K40B, 70 KD'dir. Maden çevresinde ayrılmış dasitlerde kloritleşme, silisleşme, serizitleşme ve hematitleşme görülür. Madende cevher yer yer breşik, bantlı ve ağsal yapıdadır. Ana cevher mineralleri galen, kalkopirit ve az miktarda sfalerittir. Damarların mostra kalınlığı 1-2 m'dir ve maksimum 5 m'ye ulaşır (Demir ve diğ., 2006). Damarın batı kenarı bir fay ile kesilmiştir ve doğu kısmı keskin bir şekilde dışarı çıkar. Ana kayaç yoğun olarak silisleşmiş olup az miktarda saçınım halinde pirit içirmektedir. Bazı lokasyonlarda ise kuvars damarcıkları galen ve kalkopirit içerirler. Maden sahasında üç adet eski galeri vardır.

Mostranın 10, 40, ve 75 m aşağısında 3 ayrı seviyede bulunan bu galeriler halen girilemez durumdadır. Damarlar, aşağı kesimlerde derine doğru devam etmediği için maden kapatılmıştır. Mevcut durumda maden sahası ve çevresi YAMAS (Yeni Anadolu Madencilik A.Ş.) isimli bir özel şirket tarafından yeniden arama ve değerlendirme çalışmaları kapsamına alınmıştır.

1.3.2.4 Kırkpavli Madeni

Bu maden Gümüşhane'nin merkezinden 8 km batıda Eskiğümüşhane (Süleymaniye) Mahallesi'nde 1350 m kotunda yer alır. Yatak Zimonkoy Formasyonu içinde damar tipte oluşmuştur. Yeraltı jeolojisi kireçtaşı, andezit ve konglomeradan oluşur (Türk-Japon Ekibi, 1985). Yaklaşık 20 m'lik silisleşme zonu mevcuttur ve büyük miktarlarda pirit içeren kuvars damarı bu zonda oluşur. Eski kayıtlara göre (en yakını 1937 işletme kayıtları) bu maden 250 m uzanan çapraz bir galeri ve 4 kısa galeriden oluşur. Piritli kuvars damarları kesintili olduğu için bu kısa galeriler onun için açılmıştır. Damarların genişlikleri bilinmemektedir.

MTA'nın Türk-Japon Ekibiyle 1985 yılında yaptığı araştırmalara göre ise silisleşmiş zonun duvarlarından toplanan örneklerin tenör değerleri sol duvardan sağ duvara doğru şöyledir: Au 3.2 gr/t, Ag 16 gr/t, Pb % 0.8, Zn % 0.2 (sol duvar) ve Au 4.9 gr/t, Ag 22.5 gr/t, Pb % 0.8. Kovenko'nun (1937) raporunda burada ne kadar Au ve Ag üretildiği açık değildir.

1.3.2.5 Hazine Mağara Madeni

Bu maden dolgu tip (replacement) ve bazen ornatım olarak sınıflandırılmasına rağmen bazı araştırmacılar (Schumacher, 1937 ve Öztunalı, 1983) tarafından damar tipte oluştuğu belirlendiği için burada da damar tip cevherleşmeler adı altında bahsedilecektir.

Hazine Mağara Madeni Gümüşhane şehir merkezinin 1 km güneybatısında 1500-1620 m kotunda yer alır. Bu bölgedeki taban kayacı cevherleşmenin alt seviyesinde bulunan Gümüşhane Graniti'dir. Cevherleşme sadece Berdiga Formasyonu'nun faylarla düşürüldüğü yerlerde D-B doğrultusunda uzanan paralel faylarla Berdiga Formasyonu'nun birleşmesi sonucu ornatım tipte gelişmiştir (Pejatoviç, 1937 ve Türk Japon Ekibi, 1985). Galen ve pirit esas cevher mineralleridir. Cevherli kütlelerin çoğu yer yer galen ve tetrahedrit zenginleşmesi gösteren masif piritten oluşur.

1940'lardaki MTA raporlarında esas elementin pirit olduğu ve cevherli damarın 100 m uzunluğunda, 5 m kalınlıkta ve 100 m dalım yönünde devam ettiği belirtilmektedir. Rezervi 200.000 ton olup Au tenörü 2.25 gr/t, Ag tenörü 89

gr/t, Cu tenörü % 0,8, Tetrahedritin yoğun olduğu yerlerde gümüş içeriğinin Pb tenörü % 3,04 ve Zn tenörü % 2 gr/t'dur. daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ag 1600 gr/t'a kadar). 1950-1960 yılları arasında Gümüşhaneli özel bir girişimcinin kısa süreli olarak işlettiği bu madende yaptırılan cevher analizlerinde % 24,50 Pb (PbS % 28,30 ve PbS₂ % 26,91) buna karşın % 35 Zn olduğu tespit edilmiştir. O yıllarda yapılan çalışmalara göre, bu madende 45.000 ton görünü, 150.000 ton muhtemel rezerv tahmin edilmiş ve yaklaşık 30 ton kadar kurşun cevheri çıkartılmıştır (Aydoğan, 1946).

Maden 1980 ve 1990'lı yıllarda Au-Ag, Pb, Zn ve Cu için Cominco isimli yabancı bir şirket tarafından yeniden değerlendirilmeye alınmış, galeriler temizlenerek yeraltında rezerv ve tenör tespiti için çalışmalar yapılmıştır (Güner ve diğ., 1998). Arama ve analiz sonuçlarının ekonomik açıdan uygun olmadığı kanaatiyle maden işletmeye alınmadan terk edilmiştir.

1.4 Ümit Verici Alanlar

1.4.1 Arzular (Sobran) Altın Zuhuru

Arzular Beldesi ve çevresinde tabanda en yaşlı kayaç birimi olarak Üst Kretase yaşlı Kermtudere Formasyonu'nun filişleri yer alır. Bunların üzerine Eosen yaşlı volkano tortul kayaçlardan oluşan Alibaba Formasyonu uyumsuzlukla gelir. Andezit ve bazalt daykaları en genç birim olarak izlenir. Sahada olistolit olarak değişik lokasyonlarda Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları da mevcuttur.

MTA'nın yaptığı çalışmalara göre cevherleşme Eosen yaşlı volkanik kayaçlarda ve özellikle de andezitik piroklastitler içinde gelişmiştir. Yapılan jeolojik etüd ve yarma çalışmaları sonucunda Arzular sahasında Eosen volkanitleri içerisinde kıymetli metal (Au, Ag) ve baz metal (Cu-Pb-Zn-Py) cevherleşmeleri içeren, D-B ve KD-GB doğrultularında silisleşmiş fay ve kırık zonları tespit edilmiştir (Güner ve diğ., 2005).

Bu cevherli silisifiye kırık zonları 10-15 m genişliklerde olup, yaklaşık 1 km uzunluklarda devam edenleri de vardır. Cevher saçınımlı, çatlak ve boşluk dolgusu şeklindedir. İzlenen cevher mineralleri sırasıyla altın, gümüş, elektrum, galenit, sfalerit, kalkopirit, fahlerz, pirit ve kovelindir. Gang mineralleri olarak ise kuvars, kalsit ve kil mevcuttur.

Çizelge 2'deki veriler ışığında buradaki cevherleşme, tenörü oldukça yüksek olduğu için saha genel olarak ümit verici bir özellik arz eder. Arzular sahasında rezerv tespiti için MTA tarafından daha fazla sayıda sondajın yapılması gelecek yıllardaki arama çalışmaları programı kapsamına alınmıştır.

Çizelge 2. Arzular Beldesi altın-gümüş analiz sonuçları (Güner ve diğ., 2005)

YIL	TENÖR (gr/t Au) (Kayaç)	TENÖR (gr/t Au) (Sondaj)	TENÖR (gr/t Ag) (Kayaç)
1992	46		49
1998	9,8-7, 5,8, 3,4, 2,5		
2001	13,2, 2,8, 2,2, 2,0, 1,3, 1,0		150, 32,6, 28,8, 27,9, 22,9, 16,6
2002	8,6, 0,4, (23 adet)		
2003		64,8, 52,4, 32,5, 3,0, 3,0, 1,1, 1,3, 1,0	
2004		51, 8,8 (2 adet)	
2005		3,89, 2,03, 1,94, 1,20 1,13	

1.4.2. Kaletaş Altın Zuhuru

Gümüşhane'nin KD'sunda yaklaşık 30 km mesafede bulunan Kaletaş Köyü civarında MTA tarafından 1990'lı yıllarda keşfedilmiştir. Bu sahadaki en yaşlı birim andezit, andezitik tüf, silttaş, kumlu kireçtaşı ve tüflerden oluşan Eosen yaşlı Alibaba (Kabaköy) Formasyonu'dur. Geç Eosen yaşlı Kaçkar-II Granitoyidi ve genç andezit daykaları bu formasyonu kesmektedir.

Kaletaş'ta altın cevherleşmesi KB-GD doğrultulu silisleşmiş, illitleşmiş ve organik maddece zengin bir zonda, bol kırıklı ve çatlaklı olan tüfit ve kumlu kireçtaşları içinde fay ve tabaka düzlemleri boyunca yer alan silis kafalarında bulunur (Çubukçu, 1998). Cevherli silis kafaları yaklaşık 250-275 m uzunluğunda ve 3-10 m genişliğindedir. Cevherleşme yer yer breş dolgusu ve bazen de ince ağsal damarcıklar şeklindedir. Sahada cevher mineralleri olarak altın ile birlikte pirit, stibnit, arsenik, nabit kükürt, cıva (realgar, orpiment), hematit, limonit ve gang olarak kuvars, kalsit, dolomit ve değişik kil mineralleri (illit, alünit, halloysit, kaolen,) varlığı tespit edilmiştir. Sedimanter tip (Karlin tipi) epitermal altın yatağı olduğu düşünülen (Tüysüz ve diğ., 1994) Kaletaş'ta MTA'nın yaptığı araştırma sondajlarında altın tenörünün 3-10 gr/t arasında, metalik cevher rezervinin ise 5 ton civarında olduğu saptanmıştır.

1.4.3. Olucak Altın Zuhuru

Bu cevherleşme, Olucak Köyü'nün 3,2 km KB'sinde Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu içinde, KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylar boyunca kalınlığı 0,5-15 cm arasında değişen kuvars damar ve damarcıklarına bağlı olarak gelişmiştir. Bu kuvars

damarları, bölgede farklı lokasyonlarda izlenen, uzunlukları 100-250 m. genişlikleri 20-80 m. arasında değişen K0-30 doğrultulu ve 65-85° KD'ye eğimli aşırı silisleşmiş zonlar oluştururlar. Aşırı silisli zon, altını kuvars damarlarıyla sınırlıdır ve damarların uzanımı boyunca gözlenir.

Epitermal cevherleşme tipi olarak belirlenen sahada altınla birlikte cevher mineralleri olarak pirit, kalkopirit, çinkoblend, fahlerz ve galen sayılabilir. Altının çoğunlukla kuvarsın içinde, nadiren de cevher minerallerinden kalkopirit içinde olduğu tespit edilmiştir. Gang mineralleri olarak kuvars, serizit, kalsit, barit, illit, kaolen ve adularya; ikincil alterasyon mineralleri olarak ise bornit, limonit, kovelin, kalkozin ve dijenit gelişmiştir. Saha altın içeriği bakımından, 0,5 gr/t (Au) tenörlü 50.000 ton cevhere sahiptir (Tüysüz ve Akçay; 2000).

1.5 Önemli Alterasyon Zonları

1.5.1 Kalkanlı (Torul) Alterasyon Zonu

Bu cevherli alterasyon zonu, Zigana-Torul arasındaki alanda geniş dağılım gösterir. Zigana Formasyonu'nun dasidik ve andezitik kayalarında çoğunlukla silisleşme ve arjilitleşme görülür. Ayrışmalar, genelde grimsi beyazdan beyaza kadar değişir, saçınımlı pirit ve serizitleşme gözlenir. Benzer alterasyon zonları Kalkanlı Köyü ve çevresinde de oluşmaktadır. Örneğin Köstere Dere boyunca (Köstere ayrışma zonu) Şive Deresi boyunca (Şive ayrışma zonu) ve Torul yakınında (Torul ayrışma zonu) gelişmiştir. Eğer bu altere zonları büyük bir birleşik zon olarak düşünülürse KD-GB yönünde 10 km ve KB-GB yönünde ise 7 km uzanan bir alanı kaplar. Bu zonun orta kısmı yoğun olarak arjilitleşmiştir ve arjilitleşmenin olduğu yerlerde silisleşme dışarıya doğru gittikçe yoğunlaşır (Türk-Japon Ekibi,1985).

1.5.2 Herek (Torul) Alterasyon Zonu

Herek alterasyon zonu geniş olarak Derdere deresi boyunca gelişmiştir. Bu alanda andezitik piroklastların yoğun alterasyonu sonucu kayaların ilksel dokuları gözlenmemektedir. Silisleşme zayıftır ve birçok galen-sfalerit-kalkopirit-pirit damarcıkları (1-2 cm genişlikte) saçınımlı piritle birlikte bulunur. Herek Köyü'nün kuzeyindeki altere olmuş beyaz zonda gelişen bu cevherli damarlarıcıklar devamlı değildir. Bu damarcıklar ile birlikte bulunan ayrışmış kayalar içinde serizit, klorit, montmorillonit gibi alterasyonlar gelişmiştir (Türk-Japon Ekibi, 1985).

1.5.3 Beşkise Alterasyon Zonu

Akça Kilise Köyü'nün 3 km GB'sinde yer alan bu bölgede Zigana Formasyonu'nun andezit ve

granodiyoritleri jeolojik yapıyı oluşturur. Yakın çevredeki granodiyorit ve andezit dikkate değer oranda saçınımlı pirit içerir. Yaklaşık 2x1 km boyutlarında uzanan bu zonda mostra yüzeylerinde yaygın olarak limonitleşme ve silisleşme görülür. Bu zon içinden geçen nehirde oksitlenmiş bakır içeren küçük çakıl ve yamaç molozları mevcuttur (Türk-Japon Ekibi, 1985).

2 MADENLERİN YÖRE EKONOMİSİNE YAPACAĞI KATKILAR

Bilindiği gibi dünyada ülkeler arasında bir kalkınma ve zenginleşme yarışı hüküm sürmektedir. 21. yüzyıla kendi damgalarını vurabilmek için ülkeler sahip oldukları bütün kaynaklarını (insan, yeraltı, bilgi ve teknolojik birikim, ağır sanayi hamleleri, uzayı fethetme vs.) kullanmaktadırlar. Ülkelerin kalkınma ve ekonomik gelişmesinde önemli yeri olan madencilik ve entegre üretim sanayi, en büyük katma değeri oluşturmaktadır.

Ülkemizdeki madenciliğin GSMH'deki payı 1940'lı yıllarda % 44 seviyesine kadar yükselmiş, 1950'den sonra giderek azalmış ve planlı ekonomi dönemine geçişten sonra bu azalma hızlanarak 1995'li yıllarda % 1.2 düzeyine düşmüştür (Önal, 1995). Bu durumun ortaya çıkmasında gerçek olmayan kaynaklara dayalı ve dışarıdan empoze edilen kalkınma modelinin benimsenmesi önemli rol oynamıştır.

– Ülkemizin önemli sosyal sorunlarının başında bölgeler arası gelişmişlik farkı ve bunun doğurduğu iç göç ve işsizlik gelmektedir. Yanlış ekonomik kalkınma stratejilerinin ve dışa bağımlı politikaların sebep olduğu bu iç göçten maalesef Gümüşhane ili de nasibini almış ve hatta bundan en fazla etkilenen ve bölgesel olarak ekonomisi en fazla gerileyen iller sınıfına katılmıştır. Bu açıdan bakıldığında madencilik sektörünün bölgede canlandırılması yöresel istihdam için zorunlu ve katma değeri en yüksek bir iş kolu olduğu gerçeği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Ülkemizdeki sanayi ham ve ara maddesi dışarıdan sağlandığı için çok az katma değer oluşturmakta ve ülkenin büyük boyutlu ihtiyaçları karşısında yersiz kalmaktadır.

Gümüşhane'de 1970'li yıllardan beri zaman zaman günümüze kadar işletilip, kapanmış olan altın, gümüş, barit, kurşun-çinko-bakır madenlerinin bugünkü mevcut teknoloji ile yeniden geliştirilip işletilmesi bölgedeki işsizliği ve iç göçü önemli ölçüde azaltabilir. Bu madenlerden özellikle Mastra Altın Madeni'nin işletmeye açılması ilin ekonomik gelişmesinde bir öncü atılım olabilir. Yatağın işletmeye alınması ile yatırımcı sermayesinin bir kısmını rezerv geliştirme ve arama faaliyetlerine harcayacaktır. Böylece altın oluşumuna uygun olan bölgemizde yeni altın rezervleri bulunacak ve mevcut rezervin geliştirilmesi sağlanacaktır. Bunu il

sınırları içindeki diğer terk edilmiş madenlerin yeniden ele alınıp değerlendirilmesi ve saklı yeni maden sahaları bulmak için arama çalışmalarının yoğunlaşması ve dolayısıyla bölgeye dışarıdan yerli ve yabancı yatırımcıların akın etmesi takip edecektir.

Mastra Altın Madeni'nde üretilecek olan 12 ton metal altının ülke ekonomisine yapacağı katkı 340 milyon YTL'dir. Bunun yaratacağı katma değer ise altın madenciliği için 4.2 basit çarpanı ile 1428 Milyon YTL'dir (Koza Altın İşletmeleri, Mastra Madeni raporu, 2006). Bu durum Gümüşhane'de ekonomik hareketliliği başlatacak ve arzu edilenin ötesinde bir istihdam gerçekleştirecektir. Madene ve tesiste % 90'ı yöresel olmak üzere yaklaşık 250 kişiye iş istihdamı sağlanacaktır.

3 SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak Gümüşhane maden potansiyeli bakımından oldukça zengindir. Bölgede skarn ve damar tip cevherleşmeler geçmiş yıllarda en fazla işletilen yataklardır. Gümüşhane gümüş-altın içerikli kurşun-çinko cevherleşmeleri yöresinin Paleozoyik-Eosen zaman aralığında oluşan tüm magmatik ve tortul kayaçların içerisinde izlenmektedir. Kireçtaşları içerisindeki Hazine Mağara ve Kırkpavli benzeri yeni yatakların varlığı yapılacak detay araştırmalarla ortaya çıkarılabilir. Eosen yaşlı genç volkanitler içinde keşfedilen Mastra epitermal altın yatağı bölge ekonomisinin ve madenciliğin gelişmesine anlamlı bir ivme kazandırabilir. Gümüşhane ili sınırları içinde diğer epitermal cevherleşmelere işaret eden veriler oldukça yaygın ve kuvvetlidir. Bunlardan Arzular altın sahası ümit verici alanların başında gelmektedir.

Bakır, kurşun (gümüş içeriği zengin) ve çinko gibi baz metallerin yanısıra altın-gümüş cevherleşmeleri bakımından da oldukça zengin bir rezerv ve potansiyele sahip olan Gümüşhane, yapılacak yatırımlarla adına yakışır bir şekilde, geçmişte olduğu gibi, gelecekte de gerçek anlamda "gümüş şehri" olabilir.

KAYNAKLAR

Aydoğan, T., 1946. Eskigümüşhane (Gümüşhane) kurşun ve manganez cevherleşmeleri hakkında rapor (yayımlanmamış).

Barit Maden Türk A.Ş., 1996. Midi (Gümüşhane-Karamustafa) Madeni'nin jeolojisi Raporu, Gümüşhane.

Çınar, S.; Türk, O.; Er, M.; Güç, A.; Musaoğlu, A. Gümüşel, A.; Özdemir, M. ve Kurtuluş, T., 1983. Gümüşhane ili ve güneybatı yöresinin 1: 25 000 ölçekli jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin rapor: MTA Rap., 1982 (yayımlanmamış), Ankara.

Çoğulu, E., 1970. Gümüşhane ve Rize granitik plutonlarının mukayeseli petrolojik ve jeokrometrik etüdü: İTÜ Maden Fak., Doçentlik tezi (yayımlanmamış), İstanbul.

Çubukçu, A., 1998. Kaletaş (Gümüşhane) epitermal altın cevherleşmesinin jeolojisi, jeokimyası ve mineralojisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Yer Bilimleri Enst., Trabzon.

Dandria, I., 1940. Gümüşhane kurşun yatağı hakkında muhtıra: MTA Rap., 999 (yayımlanmamış), Ankara.

Demir, Y., 2005. İstala ve Köstere (Torul-Gümüşhane) Madenleri'nin Mineralojik ve Dokusal Özellikleri, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Demir ve diğ., 2006. Textural Properties, Fluid Inclusion Study and Mineral Chemistry of İstala and Köstere Mines, Gümüşhane (NE Turkey), Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 01385.

Erbayar, M. ve Ödevci, İ., 1979. Gümüşhane-Eski Gümüşhane Cu, Pb, Zn, Ag cevherleşmeleri hakkında rapor: MTA Rap., 2833 (yayımlanmamış), Ankara.

Güner, S.; Er, M.; Gümüşel, A. ve Boğuşlu, M., 1985. Gümüşhane Eski Gümüşhane yöresindeki cevherleşmelere ait jeoloji raporu: MTA Rap., 230, 525 (yayımlanmamış), Ankara.

Güner, S.; Er, M.; Yazıcı, E., 1998. Gümüşhane ili maden potansiyeli, MTA Rap., (yayımlanmamış), Trabzon.

Güner, S., 2005. Gümüşhane Arzular (Sobran) altın sahası tanıtım raporu, MTA raporu, Trabzon.

Kahraman, İ., Kansız, H., Dursun, A., Yılmaz, H. ve Erçin, A.İ., 1984. Gümüşhane yöresinin jeolojisine ve cevherleşmesine ait jeoloji raporu, MTA rapor no: 1951.

Kaygusuz, A., 2000. Torul ve çevresinde yüzeyleme veren kayaçların petrografik ve jeokimyasal incelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bil. Enst., Trabzon.

Kamitani, M.; Candegör, O.; Van, A. ve Yılmaz, S., 1977. Gümüşhane madeni ile Bayburt Helva madeni üstüne ön rapor: MTA Rap., 1520 (yayımlanmamış), Ankara.

Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri: MTA Derg. 66, 20-34, Ankara.

Kovenko, V., 1937. Gümüşhane madeni hakkında rapor: MTA Rap., 399 (yayımlanmamış), Ankara.

Lermi, A., 2003. Midi (Karamustafa) Gümüşhane (KD-Türkiye) Zn-Pb yatağının jeolojik, mineralojik, jeokimyasal ve kökensel incelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enst. Trabzon.

Mastra Madeni ekonomik değerlendirilme raporu, 2006, Koza Altın İşletmeleri, Gümüşhane.

Ölsner, O., 1935. Gümüşhane Vilayetine maden yataklarına ait rapor: MTA Rap., 408 (yayımlanmamış), Ankara.

Önal, G., 1995. Dünyada ve Türkiye'de Altın Madenciliği, YMGV Yayını, Kasım 1995, İstanbul.

Özunalı, Ö., 1983. Türkiye kurşun-çinko yatakları ve madenciliği: Türkiye Jeol. Kur. Yayın., Ankara.

Pejaticovic, S. ve Vujanovic, V., 1970. Türkiye Karadeniz sahil metalojenik zonu piritik ve skarn cevheri zuhurlarının kıymetlendirilmesi: MTA Rap., 952, 119-122 (yayımlanmamış), Ankara.

Schumacher, F., 1937. Keban-Bolkardağ-Gümüşhane kurşun-çinko zuhurlarına ait rapor ve hulasası: MTA Rap., 402, 19-21 (yayımlanmamış), Ankara.

Türkiye altın ve gümüş envanteri, 1993. MTA Genel Müdürlüğü, yayın no: 98.

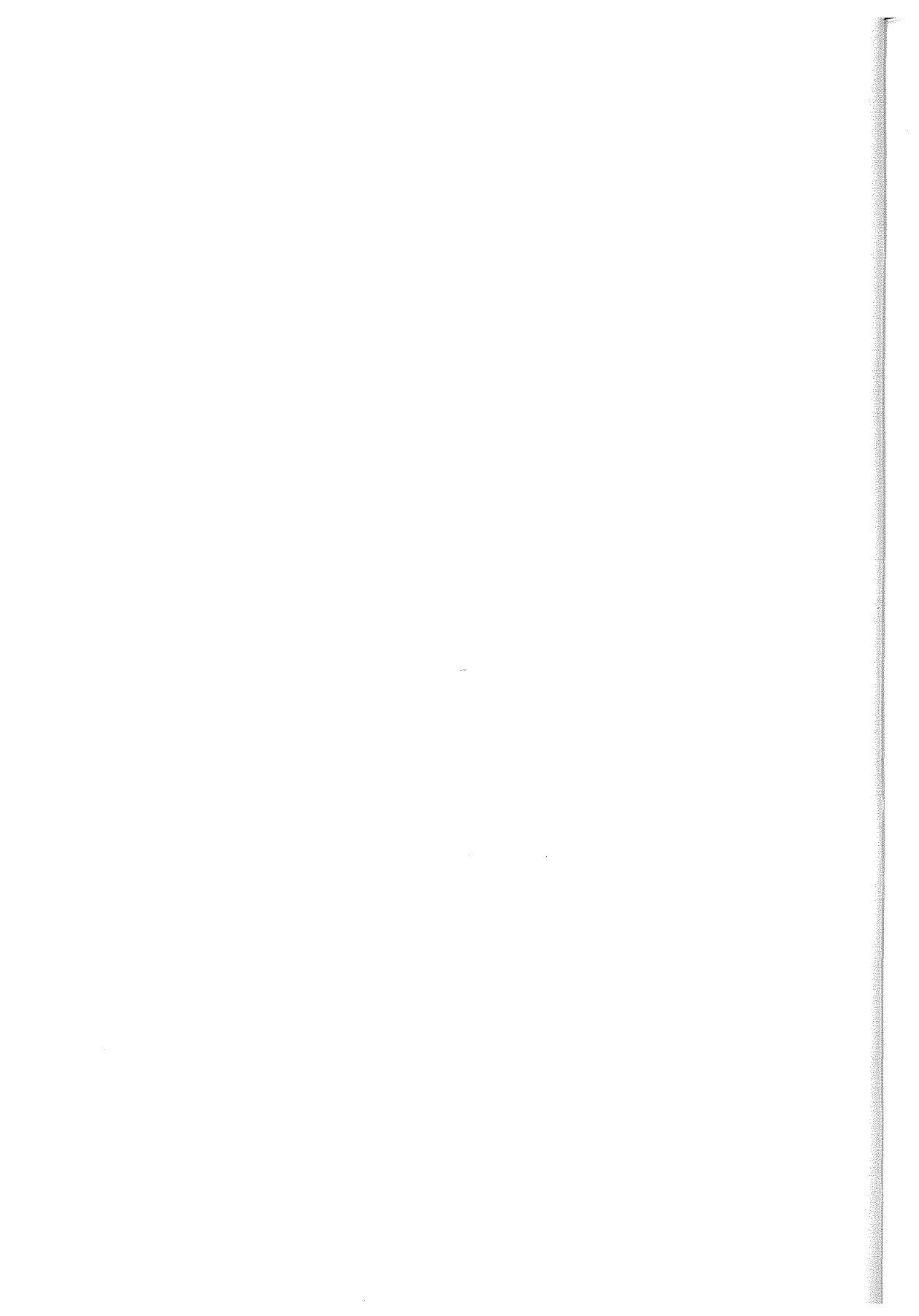
Tüysüz, N. ve Akçay, M., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesindeki altın yataklarının karşılaştırmalı incelenmesi, Cumhuriyetin 75. Yılı Yer Bilimleri ve Madencilik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 625-645.

Tüysüz, N., Özdoğan, K., Er, M., Yılmaz, Z. ve Ağanoğlu, A., 1994. Pontid Adayayında Carlin tipi Kaletaş (Gümüşhane) altın zuhuru, Türkiye Jeol. Bül., 37, 41-46.

Tüysüz, N., Sadıklar, B., Er, M., ve Yılmaz, Z., 1995. An Epitermal gold-silver deposit in the Pontid island - arc, Mastra-Gümüşhane, NE-Turkey, Econ. Geology, 90, 5, 1301-1309.

Türk-Japon Ekibi, 1985. The Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, Phase 1, MTA raporu No: 334, Ankara.

Yılmaz, Y., 1976. Gümüşhane granitinin jeolojisi ve petrografisi: İstanbul Üniv. Fen Fak. Mec. Seri B, 39 (3-4), 157-172, İstanbul.



Kuzeydoğu Pontid'lerin Maden Yatakları

İ. Kurt & İ. Özkan

MTA Bölge Müdürlüğü, Trabzon

ÖZET: Doğu Pontid tektonik kuşağı, yörede çalışan bütün yer bilimciler tarafından mağmatik yay olarak kabul edilir. Geç Kretase'de güneyden kuzeye doğru gelişen yitimle şekillenen Doğu Pontidlerde, mağmatik yayın gelişimine bağlı olarak değişik maden yatağı tipleri gelişmiştir. Bu çalışmada, Doğu Pontid tektonik kuşağının genel özellikleri ve bu kuşakta yer alan maden yatakları incelenmiştir.

ABSTRACT: Eastern Pontide Tectonic Belt is known as a magmatic arc by the geologist studying in the region. In Eastern Pontids formed as a result of subduction from south to the north in Late Cretaceous, different ore types have occurred related with magmatic arc. This paper introduces the general properties of the Eastern Pontide Tectonic Belt and the main characteristics of ore deposits.

1 GİRİŞ

Doğu Pontid Tektonik Kuşağı yörede çalışan bütün yer bilimciler tarafından mağmatik yay olarak kabul edilir. (Smith, 1971; Dewey ve diğ., 1973; Smith ve Briden, 1977; Biju-Duval ve diğ., 1977; Adamia ve diğ., 1981; Şengör ve diğ., 1980-1981; Şengör ve Yılmaz, 1981-1983; Bektaş ve diğ., 1984; Bektaş, 1983, 1984, 1985; Görür ve diğ., 1983; Görür, 1988, 1991; Tüysüz, 1993). Doğu Pontid'leri güneyden kuzeye doğru uzanan dilimler şeklinde çalışan araştırmacılar (Konak ve diğ., 2002, Akdeniz ve diğ., 1994) bölge jeolojisini yaklaşık doğu-batı, kuzeydoğu uzanım gösteren tektonik ünitelere ayırarak incelemeyi uygun bulmuşlardır (Şekil 1). Bu tektonik kuşaklar kabaca: Ofiyolitik kuşak, Ekay Zonu, Pontid ada yayı ve yay ardı havzalarına karşılık gelirler. Bu kuşaklar gösterdikleri farklı jeolojik yapıları nedeniyle değişik tip maden yatağı tipleri içerirler (Şekil 2).

2 OFİYOLİTİK KUŞAK

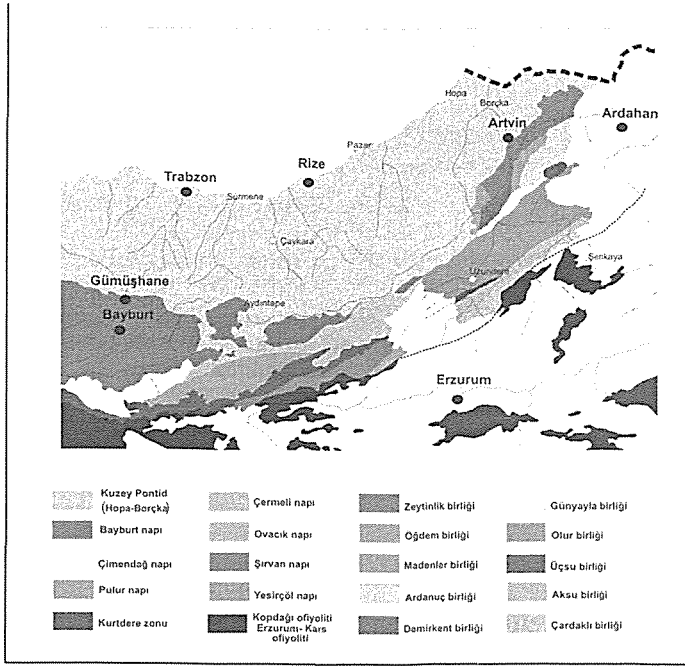
Yığılma prizmasının güneyinde tektonik dilimler şeklinde yüzeylenir (Şekil 1). Baskın olarak ultramafitlerden oluşmuştur. Melanjların da zaman zaman eşlik ettiği kuşakta; ofiyolitlere bağlı krom yatakları (Kopdağı kromitleri), melanjlarla beraber gelişmiş sedimanter tip manganez yatakları (Otlukbeli manganez yatağı) ve primitif tip bakır yatakları (Helva maden) görülmektedir. Bu kuşaktaki krom zuhurları dünyanın önemli rezervlerini teşkil etmelerine rağmen; gerek karmaşık tektonik yapıya sahip olmaları ve gerekse

çok düzensiz yataklanma şekli göstermeleri nedeniyle işletmeleri oldukça zordur. Dünya krom fiyatlarına göre zaman zaman oldukça ekonomik olan bu yataklar, 1960'lı yıllarda işletmeye başlamış olup halen işletilmektedir. Ofiyolitik melanjlarla ilişkili manganez yatakları rezervleri birkaç bin tonu geçmeyen mercek şekilli yataklardır. Küçük olmalarına rağmen dünya manganez ihtiyacına göre ekonomik olabilmektedirler. Ofiyolitlere bağlı olarak gelişmiş primitif tip bakır yatakları çok yüksek tenörlü olmalarına rağmen çok düşük (zuhur bazında) rezervleri olması nedeniyle ekonomik değillerdir. Eski dönemlerde işletilen Bayburt Helva maden dışında işletildikleri bilinmemektedir.

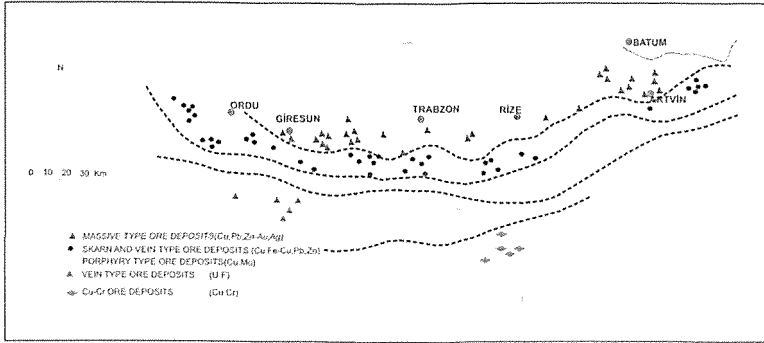
3 EKAY ZONU

Doğu Pontid mağmatik yayı ile ofiyolitik kuşak arasında yer alan tektonik olarak yan yana gelmiş, doğu-batı ve kuzeydoğu yönlü mekik şekilli tektonik dilimlerden oluşmuştur. Paleozoyik yaşlı metamorfik bir temel üzerinde gelişen zonda, Jura ve Kretase dönemi volkanit ve volkanoklastiklerle temsil olunur. Bu dönemlere ait mağmatizma yoktur. Geç Kretase (Santoniyen) yaşlı dasitik volkanizmaya ait birkaç mineralizasyon dışında, zonun metalojenezi; Tersiyer yaşlı mağmatizma ile şekillenmiştir. Granodiyoritten kuvarslı mikrodiorite kadar geniş bir yelpaze gösteren Tersiyer mağmatizmasına bağlı olarak baz metal ve epitermal tip cevherleşmeler oluşmuştur.

Artvin bindirmesinin güneyinde Konak ve diğ. (2002) tarafından tanımlanan Zeytinlik tektonik Birliği içinde (Şavşat, Sarıbudak) ve Ordu yöresinde



Şekil 1 Kuzeydoğu Pontid'lerin Tektonik Birlikleri (Akdeniz 2002' den alınmıştır)



Şekil 2 Doğu Pontid'lerin Maden Yatakları Tipleri ve Dağılımları (Çamur vd.,1996).

Santoniyen yaşlı dasitler içinde damar tip olarak gelişmiş küçük rezervli Pb, Zn, Cu zuhurları vardır. 1960'lı yıllara kadar ilkel yöntemlerle işletilen bu zuhurlar çok küçük rezervli olduklarından günümüz şartlarında ekonomik görülmemektedirler.

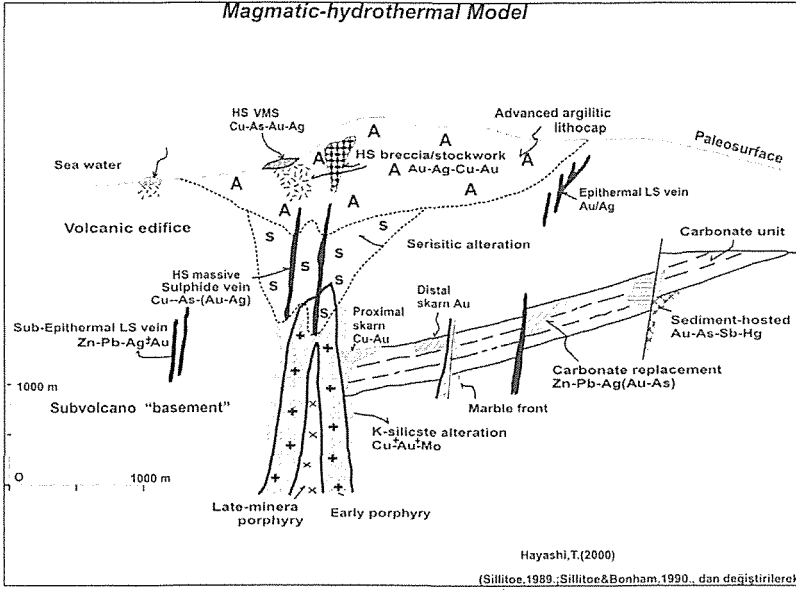
Zonda Tersiyer Mağmatizmasına bağlı olarak damar ve epitermal tip maden yatakları gelişmiştir (Şekil 3). Baz metal cevherleşmeleri Jura-Eosen yaşlı bazik kayalar içine yerleşmiş damar ve/veya kontak metasomatik cevherleşmelerdir. Pb, Zn açısından zengin olan bu cevherleşmelerin en önemlileri Kelkit, Yusufeli-Tekkale-Çevreli,

Gümüşhane-Midi maden, Şebinkarahisar-Tutakdağı ve Asarcık cevherleşmeleridir. Çok büyük rezervli olmamalarına rağmen, işletmeciler için cazip tenörler gösteren bu yataklar günümüzde de işletilmektedir.

Bu zonda, baz metal cevherleşmelerinin kuzeyinde sistemin az aşınmış bölümlerinde epitermal yataklar bulunur. Bu yataklardan Mastra ve Hazinemağara "High Sülfür" epitermal yataklar olup derin kesimlerinde baz metal zonları da içermektedirler. Daha kuzeydeki Olucak, Kaletaş, Sobran cevherleşmeleri "Low Sülfür"

mineralizasyonlardır. MTA'nın 1992 den sonra yaptığı sondajlı çalışmalarla ortaya çıkarılan bu yataklar tek tek ekonomik görülmemelerine rağmen

yöreye kurulacak ortak bir tesis için uygun rezerv sunarlar. Değişik madenciler adına ruhsatlı bölgede bu yönde çalışmalar sürmektedir.



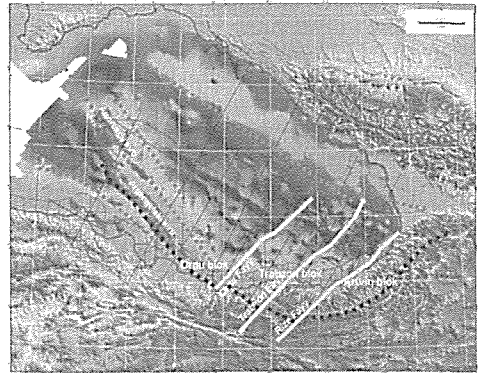
Şekil 3 Yatak Tiplerinin Genelleştirilmiş Yatay ve Düşey Zonlanması ve İntrüzyon Sistemli Bir Merkezde Asil Metaller (Hayashi, 2000'den)

Gümüşhane Granitoidi olarak bilinen Paleozoyik yaşlı granit ve Liyas yaşlı volkanitlerin çatlaklarında gelişmiş genelde damar tip barit cevherleşmeleri de eski yıllarda işletme yapılmış olmasına rağmen çok küçük rezervli oldukları için ekonomik değildirlir.

4 DOĞU PONTİD ADA YAYI

Ekay kuşağın kuzeyinde yer alır. Güney sınırını Giresun, Torul, Gümüşhane, İspir ve Artvin'den geçen hat oluşturur (Şekil 4). Özsayar ve diğ., (1981) tarafından "Kuzey Zon", Akdeniz ve diğ., (1994) tarafından "Pontid Otoktonu" olarak tanımlanan bu bölge doğu Pontid Kretase magmatik yayına karşılık gelir. Apsiyen döneminde platformun kırılmasıyla KD-GB yönlü transform faylarla dilimlenen bu zonda; güneyden kuzeye doğru oluşan yitim süreciyle Turoniyen de yoğun andezitik yay volkanizması oluşmuş ve bu süreci granitik magmatik yerleşim izlemiştir. Pontid yayı ve yay ardı havza olarak ayırdığımız bu kuşakta Turoniyen döneminde; "yay"da genellikle intrüzyv kayalar görülürken" yay ardı" havzalarında volkanitler egemendir.

Doğu Pontid yayının en önemli cevherleşmelerinden biri porfiri tip bakır, molibden cevherleşmeleridir. Magmatik kayaların birbirlerini etkiledikleri bölgelerde görülürler. MTA tarafından 1985-1990 arası yapılan sondajlı çalışmalarda Güzelyayla-Maçka ve Balcılı-Yusufuli yatakları tespit edilmiştir. Bu yataklar dünyadaki benzer yataklara göre daha küçük rezervli olduklarından şu anda işletilmemektedirler.



Şekil 4. Doğu Pontid ada yayı (BP-TPAO, 2002)

Kuşağın önemli maden yataklarından diğeri KD-GB fay zonları üzerinde, yay içi tektonik çöküntü alanlarında (Kalderon) gelişmiş barit ekonomik bakırlı maden yataklarıdır. Torul-Istala, Maçka-Yenimahalle, Dereli Toplakepe de tespit edilmiş bu yataklardan Toplakepe yatağı tüketilmiş olup diğerlerinde zaman zaman üretim yapılmaktadır.

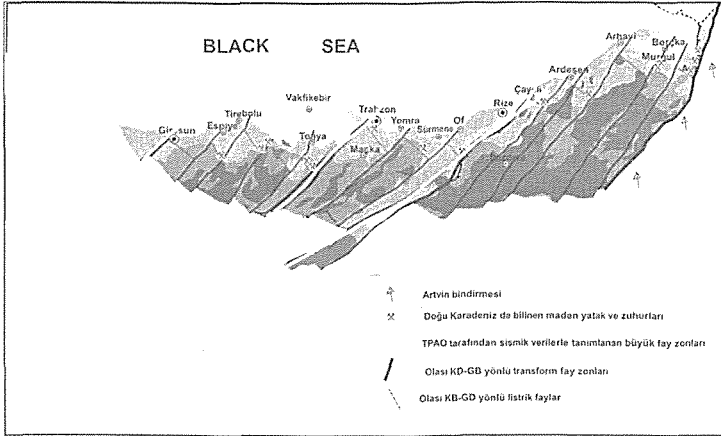
Doğu Pontid'lerde cevherli dasit olarak bilinen asitik volkanizma yay eksenini üzerinde intrüziv dasitlerle temsil edilir. Alt bazik seri olarak bilinen Turoniyen yaşlı bazik volkanizmayı kestikleri yerde yoğun olarak altere etmiş, çok fazla piritik mineralizasyonlar oluşturmuş ve yer yer kalkopirit damar ve damarcıklarına vücut vermişlerdir. Alt bazik seriyi örtü kayalarından ayıran önemli kriterlerden biri alt bazik serinin yoğun mineralize olmasıdır. Bu mineralizasyonlar önemli olmamasına rağmen Santoniyen yaşlı dasitik-riyolitik kayalara bağlı olarak oluşmuş kurşun çinko damarları

ekonomik olabilmektedir (Köstere-Torul, Keltaş-Doğankent).

Bölgedeki skarn yataklarından, bakırlı skarnlar eskiden işletilmiştir (Merekmaden-Doğankent, Büyükayven-Araklı). Demirli skarnlar yaygın olarak görülmelerine rağmen ekonomik değildirlir.

5 DOĞU PONTİD YAY ARDI

Yayın kuzeyinde yer alır. Doğu Pontidleri KD-GB yönde dilimleyen transform faylara antitetik olarak gelişmiş fay sistemleriyle oluşmuştur. Büyük rezervli volkanojenik masif sülfür yatakları (VMS) bu fayların çakışma noktalarındaki tektonik çöküntü alanlarına yerleşmiştir (Şekil 5). Bölgede yer alan manganez yatakları VMS yatakları etrafında görülürler.



Şekil 5 Doğu Pontid mağmatik yayı, Yay ardı havzaları ve VMS yataklarıyla ilişkileri

VMS yatakları; Turoniyen yay volkanizmasının finalinde yay ardı havzalara yerleşmiş dasit ve proklastitlerle ilişkilidirler. Genellikle Cu için ekonomiktirler. Yayılımları ada yayı ile direkt ilişkili olup Artvin-Giresun arasında görülürler. Yay volkanizmasının üzerinde geliştiği kabuğun jeolojik yapısına ve yayın polaritesine bağlı olarak coğrafik dağılım olarak farklı büyüklükte yataklar oluşmuştur. Artvin-Rize arasında ortalama 50 milyon tonluk yataklar görülürken, Rize-Giresun arasında maksimum 2 milyon tonluk yataklar görülür. Bölgede 60 civarında VMS yatağı ve zuhuru bilinmektedir. Doğudan batıya doğru bunların en önemlileri:

- **Cerattepe maden yatağı:** Artvin ilinin güneybatısında yer alır. Ortalama % 4 Cu tenörlü 16 mt'luk yatak olup, şu anki ruhsatı INMET

Madencilik'e aittir. İşletme hazırlığı yapılmaktadır.

- **Murgul maden yatağı:** Artvin-Murgul'da yer alır. Masiften çok stokvork ağırlıklı bir yataktır. Ortalama %1 Cu tenörlü 60 mt'luk yataktır. 1800 lü yılların sonundan itibaren değişik madencilik şirketleri tarafından işletilen yataktaki rezerv tükenmek üzeredir.
- **Çayeli maden yatağı:** Rize-Çayeli-Madenköy dedir. Ortalama % 3.5 Cu tenörlü 40 mt'luk yataktır. Halen INMET madencilik tarafından işletilmektedir.
- **Lahanos maden yatağı:** Espiye'nin güneyinde yer alır. Ortalama % 1.5 Cu tenörlü 2 mt'luk bir yataktır. Demir Export A.Ş. adına ruhsatlı olup uzun bir aradan sonra yeniden işletme hazırlıkları yapılmaktadır.

5 SONUÇLAR

Bu yatakların dışında eskiden işletilmiş (Kuşarshan-Artvin, Kutular-Sürmene) maden yatakları ve günümüzde de işletilen (Kanköy-Trabzon) yataklar vardır. Gömülü yeni yatakların bulunması için çok iyi potansiyele sahip bölgede maden arama çalışmaları devam etmektedir.

Havzadaki manganez yatakları VMS yataklarının yakın çevrelerinde, VMS yataklarının örtü kayacı içindeki pelaji mikritlerle ilişkili olarak bulunurlar. Küçük rezervli yataklardır. Bilinen yüzden fazla manganez yatak ve zühuru eski yıllarda işletilmiştir. Dünya maden fiyatlarının durumuna göre günümüzde de zaman zaman işletilmektedirler.

Santoniyen de ki yeni volkanik dönemde oluşmuş Pb-Zn'ce zengin yataklar, küçük rezervli olup VMS yataklarıyla aynı proseslerde oluşmuşlardır. Karadeniz sahiline çok yakın bölümlerde görülen bu yataklar VMS'lerden sonra ikinci önemli cevherleşmelerdir. Bunlardan Köprübaşı-Tirebolu yatağı işletilmiş olup, Kutunit ve Peronit'teki araştırmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Adamia, S.H.A., Chkhotua, T., Kekelia, M., Lordkibanidze, M.B., Shavisvili, İ., 1981. Tectonics of the Caucasus and adjoining regions; Implications for the evolution of the Tethys Ocean: *Journal of Structural Geology*, 3,4,437-447
- Akdeniz, N., Akçören, F. ve Timur E., 1994. Aşkale-İspir Arasının Jeolojisi, MTA., Rapor no: 97371, Ankara.
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontidlerde Üst Kretase Yaşlı Şoşonitik Volkanizma Ve Jeotektonik Ortamı, KTÜ Yer Bilimleri Der. 3, 53-62
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontid'lerde Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi: *KTÜ Yerbilimleri Dergisi*, 3, 16-39.
- Bektaş, O., 1984-1985. Doğu Pontid Ark Gerisi Bölgelerinde Paleostres Dağılımı Ve Çok Safhalı Riftingleşme, MTA Dergisi, 16-39
- Bektaş, O., Pelin, S., Korkmaz, S., 1984. Doğu Pontid Yay Gerisi Havzalarında Manto yükselimi ve Polijenik Ofiyolit Olgusu, *Türkiye Jeol. Kur. Ketin Sempozyumu*, 175-189
- Bektaş, O., 1983. Kuzeydoğu Pontid mağmatik yayındaki (Tipi granitik kayalar ve mağmatik konumları: *Türkiye Jeol. Kur.37.Bil.ve Tek. Araşt. Kurultayı, Bildiri Özetleri*, 49-50.
- Biju-Duval ve diğ., 1977. From the Tethys Ocean to the Mediterranean Seas: a plate tectonic model of the evolution of the Western Alpine System; B. Biju-Duval D. Montadert, ed., *Structural History of the Mediterranean basins*: Edit. Technip, Paris, 143-164
- Çamur, M.Z., Güven, İ.H., Er, M., 1996. Geochemical characteristics of the Eastern Pontide volcanics: An example of multiple volcanic cycles in arc evolution; *Turkish Journal of earth science*, 5, 123-144
- Dewey, J. F., Pitman, W. C., III, Ryan, W. B. F. Ve Bonnin, J., 1973. Plate Tectonics and the Evolution Of The Alpine System, *Geol. Soc. America Bull.*, 84, 3137-3180
- Görür, N., 1991. Aptian- Albian Palaeogeography, Neo-Tethyan Domain, Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, , 87, 267-288
- Görür, N., 1988. Timing Of The Opening Of The Black Sea, *Tectonophysics*, 147, 247-262
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., Yılmaz, Y., 1983. Pontidler'de Neo-Tetis kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler: *Türkiye Jeol. Kur. Bül.*, 26, 11-21.
- Hayashi, T., 2000. Seminer notları, Metal mining of agency of japan.
- Konak, N., Hakyemez, H. Y., Bilgiç, T., Ercan, Bilgin, Z. R., Hepşen, N. Ve Ercan T. 2001. Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur-Şenkaya- Narman -Tortum- Uzundere-Yusufeli) Jeolojisi, MTA Raporu, Rapor no: 10489, Ankara.
- Smith, A.G. ve Briden, J.C., 1977. Mesozoic and Senozoic paleocontinental maps: *Cambridge Earth Sci. ser.*, 1-63
- Smith, A.G., 1971. *Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic*: *Geol. Soc. America Bull.*, 82, 2039-2070.
- Şengör, A. M. C., 1980. Türkiye'nin Neo Tektoniğinin Esasları, *Türkiye Jeol. Kur. Konferans Serisi*, no: 2, s.40.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. ve Ketin, İ., 1981. Kuzey Türkiye'de Jura Sonu Öncesi Okyanus kalıntıları, Permiyen-Triyas Paleo-Tetis Parçaları, *Yeryuvarı Ve İnsan*, 6, 1-2, 6-16.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan Evolution Of Turkey, A Plate Tectonics Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Erzurum – Şenkaya- Turnalı Opali ve Ekonomik Geleceği

M. Vıçıl & O. Celep, B. Yalçınalp, İ. Alp, A. O. Yılmaz, T. Yılmaz, İ. Çavuşoğlu
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, TRABZON

ÖZET: Bu çalışmada, Erzurum-Şenkaya-Turnalı bölgesinde mevcut bulunan opal yatağından alınan örneklerin genel özellikleri belirtilmiştir. Bu özelliklerin belirlenmesine yönelik çeşitli deneysel çalışmalar ve gözlemler yapılmıştır. Bunlar; su miktarı (%), özgül ağırlık, homojenleşme ısı (°C), ince kesit, XRD analizi ve ayrıca fiziksel ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesine yönelik çeşitli deneysel çalışmalardan ibarettir. Çalışmalar sonucunda elde edilen veriler literatürde yer alan verilerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrası mevcut örneklerin literatürde yer alan verilerle hemen hemen aynı özellikleri taşıdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca örnekler üzerinde yapılan çalışmada, literatürdeki 99 çeşit opal sınıflamasından 31 çeşidin Erzurum-Şenkaya Turnalı opallerinde de mevcut bulunduğu gözlemlenmiştir. Bunların yanında arazide yapılan gözlem ve deneyler sonucunda bölgenin jeolojik yapısına da değinilmiştir. Bu süs taşının özellikleri belirtildikten sonra yurtiçi ve yurtdışında önem kazanmıştır.

ABSTRACT: In this study, general characteristics of the opal samples obtained from Erzurum-Şenkaya Turnalı region are explained. For this, various experiments and observations were carried out. These are water content (%), specific weight, formation temperature (°C), thin section, XRD analysis, determination of physical and mineralogical features. Results obtained from experiments and observations were compared with literature. As results, it was observed that the studied samples on hand have nearly the same features of the ones give in literature. Also, Erzurum-Şenkaya Turnalı opals have 31 varieties within 99 variety opals given in literature. And, geology of region is mentioned at the end of experiments and observations carried out in area. The gemstone has gained importance after that all properties determined in Turkey and all the world.

1 GİRİŞ

Süstaşı, yerkabuğundan çıkarılıp işlenen ve insanlar tarafından süs ve ziynet eşyası olarak kullanılan değişik renkli mineral, taş ve organik malzemelere denir (Sarız ve Nuhoğlu, 1992). Doğada ender olarak bulunan süstaşları, onlara ekonomik bir değer katan ayrıcalıklı bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptirler. Bu özelliklerin bazıları :

- o Güzellik ve estetik görünüm
- o Dayanıklılık ve ender bulunma
- o Taşınabilme
- o Şekillendirmeye uygunluk
- o İri ve tek kristal olma
- o Sertlik, parlaklık, saydamlık, saflık ve renk'tir (Hatipoğlu, 1998).

Opal, bu özellikleri sağlayan önemli süs taşlarından biridir. Opaller kesilip parlatılabilirler. Opal aynı zamanda oldukça popüler mineraller arasında olup müzeler bu tür zarif ürünleri alabilmek için rekabet halindedir. En değerli opaller

Australya, Amerika ve Meksika'da çıkarılmaktadır. Opal yataklarının bulunduğu diğer belli başlı ülkeler: Etiyopya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Macaristan, Türkiye, Endonezya, Brezilya, Honduras, Guatemala ve Nijerya (Horton, 2000). Opalin göze çarpan en belirgin özelliği ışığın spesifik dalga boyunu yansıtabilme ve kırabilme özelliğine sahip olmasıdır. Kayalardaki amorflı silika küreciklerinin boşluk ve boyutu ışığın spesifik dalga boyunu yansıtır; her bir kürenin yansımaları, küçük su damlacıklarındaki gökkuşağı rengi gibi saf spektral renge benzer. Işığın saf dalga boylarının bu karşılıklı etkileşimi opale sahip olduğu eşsiz bir görsel cazibe verir ve aynı zamanda opali dünyada en çok aranan süs taşlarından birisi yapar (Simandl, 1998).

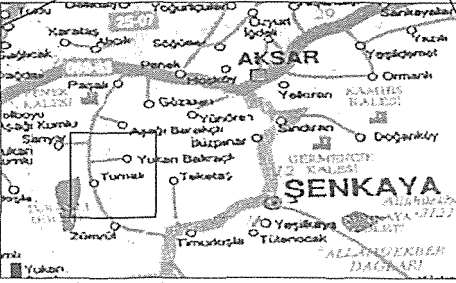
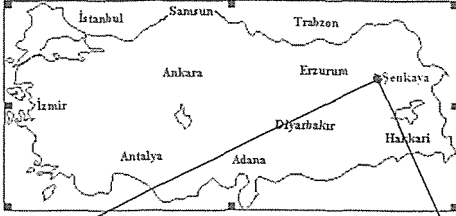
Türkiye'de Eskişehir, Kütahya, Bilecik, Afyon ve Erzurum sınırları içinde serpantinleşme ile birlikte opal oluşumları şekillenmiştir. Çok değişik renk ve kalitede opal varlığı mevcuttur. Kütahya-Simav-Şaphane Ateş opal yatakları Osmanlı zamanında işletildiği bilinmektedir (Köktürk, 2002).

Bu bildiri kapsamında Erzurum – Şenkaya – Turnalı opalinin genel özellikleri belirlenmiş ve diğer opal türleri arasındaki yeri ve değeri tespit edilmeye çalışılmıştır.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan örnekler Erzurum-Şenkaya Turnalı bölgesinde mevcut bulunan opal yatağından elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma sahası

2.2 Erzurum-Şenkaya Turnalı opalinin genel özellikleri

Kimyasal Formül: $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Bileşim: Turnalı opalindeki su oranı, yapılan dencysel çalışmalar sonrasında toplam ağırlığının %7'sini oluşturduğu belirlendi.

Renk: Yeşil ve tonları, mavi ve tonları, mor, kahverengi, kiremit kırmızısı, turuncu, sarı, gri ve beyaz renkler bulunmaktadır. Yer yer bu renklerin siyaha yakın koyu renklerde opalleri varken, aynı renklerin açık ve pastel renklerde opaller de bulunmaktadır. Uzun süre güneş altında doğal ortamında kalmış opal parça ve bloklarının dış yüzey renklerinin ayrılarak beyaz ve beyaza yakın ayrışım renkleri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Dıştan içeriye doğru, yeni kırılmış örneklerde renklerin daha canlı ve koyulaştığı gözlemlenmiştir. İşlenmiş ve kırılmış küçük örneklerde tek renk görülse bile, Turnalı opallerinde genellikle iç içe çok renklilik etkindir. Bu nedenle de Turnalı opalleri çoğu kere resim tabloları gibi manzaralar arz etmektedir (Şekil.6.c). Kaba olmayan, sanatsal, estetik, işlenebilecek

ürünler ve bunlara seçilecek takılar Turnalı opallerinin renk güzelliklerini daha güzide kılacaktır. Deneysel mikroskobik çalışmalarda, parlatılmış örneklerde çokça kromit, hematit, kromitlerin ayrışması ile silisli alanlara yayılmış hematit ve limonitler renklerin oluşumlarında etkili olduğu belirlenmiştir. Turnalı opallerinde Cr, Fe, Ni ve Cu'nun renk pigmentlerini oluşturduğu düşünülmüştür. Turnalı opallerindeki çok renkli pek çok örneklerde, uyumlu ve zıt renklerin bulunmaları da ayrı ayrı bir özellik taşımaktadır. Belki çok kıymetli gözükmeyen Turnalı opallerinin de renk oyunları (play of color) olmasa bile yukarıda değinilen renk özellikleri ile albenisi artabilecektir.

Çizgi rengi: Beyaz

Sertliği: Bilinen cisimlerle yapılan deneylerle Turnalı opalinin sertliği 6,5 olarak belirlenmiştir. Ayrışmış örneklerde ise 5,5-6 arasında sertlikler bulunmuştur.

Kristal sistemleri, kütle ve taneleri: Opallerin amorf olduğu belirlenmiştir ve bilinmemektedir. Ayrıca bir mineral olmayıp muntazam olan bir mineraloiddir. Standartlara uyan bir kristal yapıya sahip olmasıyla kristal grupları içinde yer almaktadır.

Turnalı taşının ince kesitinin incelenmesinde; ayrışmış olivin ve ortopiroksenler belirlenmiştir. Ayrıca serpantin, antigorit, krizolit, klorit, bastit ve lizartit ayrışma ürünleri gözlemlenmiştir. Bunun yanında mikro kırıklarda kalsitler ve rekrystalize silikatlar saptanmıştır. Bir ultrabazik kayacın ayrışması ile oluşmuş bir yüzeyde hidrotermal etkili bir-zonda Turnalı taşı oluşmuştur. Mat ve çok az yarı şeffaf olan yeşil, turkuvaz ve kahve renkli Turnalı taşı Turnalı opali olarak tarafımızdan isimlendirilmiştir. Ayrıca XRD analizleri yapılarak grafikleri incelenmiş, olivin ve ayrışmış hematitler saptanmıştır.

Turnalı taşı oluşturulan minerallerin sertlikleri 3-7 arasında (Mohs'a göre) değişmekte ve ortalama 5 olarak hesaplanmıştır. Halbuki kırılmış taze yüzeylerde sertlik 6,5 olarak bulunmuştur. Minerallerin ortalama sertliği kayacın sertliğinden azdır. Bu kayacın grubunun sertliğini kazanabilmesi ancak sıvı kapanım verileri olan 220-280°C bir ısıda Turnalı taşının hidrotermal çözümlenmesinin etkisiyle oluşabileceğini düşündürmüştür. Ayrıca Turnalı taşının oluşturulan minerallerin renkleri koyu yeşil, yeşil ve sarı tonlardadır. Kayacı oluşturan mineral renkleri ile kayacın renkleri uyumaktadır. Ana kayacın harzburjit (Olivin-Ortopiroksen) olduğu belirlenmiştir.

Turnalı opali masif, katmanlı, damarcık, breşik ve nodüler şekillerde oluşumları gözlemlenmiştir. Maden yatağına yer yer kümelenmeleri bulunmaktadır. Kümelennmiş yerler az eğimli orta alanlarda küçük tepelikler ve sırtlar oluşturmuşlardır. Bu tepeliklerin bazıları masif, bazıları katmanlı paralel seviyeler, kimileri ise damarcıklar, bazıları ise killi ve kaolenize alanlarda nodül ve yumrular şeklinde bulunmaktadır. Turnalı gölüne bakan yamaçlarda heyelan ve toprak kaymaları nedeniyle blok ve

çakıllar şeklinde pek çok opaller bulunmaktadır. Turnalı gölü bir heyelan gölüdür. Ancak vadi, heyelanla kapatılarak oluşan bir heyelan oluşumu olmayıp kayan bloklar arasındaki boşluk alanda oluşmuş heyelan gölüdür. Turnalı opalinin temel kayasını serpantinler teşkil etmektedir. Bu ofiyolitik birimin yaşı Üst Kretasedir. Ancak opaller, ayrılmış serpantinli seviyenin silis ve demirli (jaspilitli) üst seviyesinde Eosen veya Tersiyer yaşındaki volkanitler döneminde gelen yeraltından yükselen SiO₂ içerebilir suların bu silisli ve demirli zona gelip yerleşmeleri ile Turnalı opallerini oluşturmuştur. Opaller tamamen üst zonda 3-10 m'lik bir seviyededir. Opallerin çıkarılması bu nedenlerle oldukça kolay olmaktadır. Opaller içerisinde zengin kromitlerin olması ofiyolitikleri bir yönüyle teyit etmektedir (Şekil 2).

Magmatik kayaların ayrışma zonunda oluşmuş Turnalı opallerinde, ortamda fosil ve odunsu kalıntılar bulunmadığı için bu yapılarla ilgili opal türleri mümkün gözükmemektedir. Belirlenmiş mevcutlar dışında başka yapı, doku ve diğer renklerde opallerin bulunabilmesi olası gözükmemektedir.

İşık geçirme (şeffaflık): Turnalı opalleri genelde mattır. Dış görünüşleri ile opak minerallere benzer bir görünüm arz ederler. Ancak bazı kısımlarda hem yeşil opallerde hem de açık gri kısımlarda yarı şeffaf olanları bulunmaktadır. Bu özelliği ile hem derinlik kazanmakta hem de griler dumanlı bir görünüm kazanmaktadır (dumanlı opal-cloudy opal).

Mevcut örnekler içerisinde tamamen şeffaf olanlar bulunamamıştır. Ancak daha işin başlangıcında olduğu için yeni açılacak ocaklarda veya çevrede bulunabilecek yeni yerlerde bu yatakta bulunmayan türlerin olasılığı her zaman bulunmaktadır.

Özgül ağırlık: Yapılan piknometre deneyi sonucunda Turnalı opallerinin özgül ağırlığı 2,17 olarak belirlenmiştir. Bu değerle Turnalı opalleri, kıymetli opallerin özgül ağırlığı verilerine uygunluk gösterdiği görülmektedir.

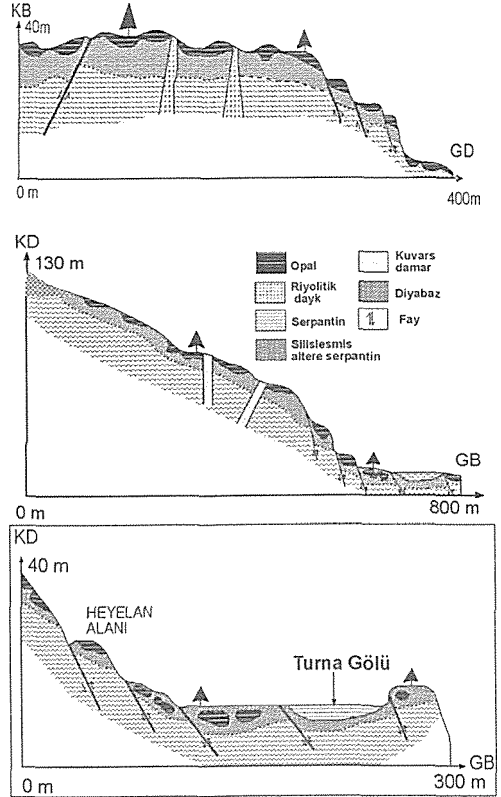
Parlaklık, cila: Turnalı opallerinin yüzeyi oldukça parlaktır. Kırılma yüzeylerinin taze kırılmış olanlarda bu parlaklık değeri daha da yüksektir. Yüzeyde kalan örneklerde ise ayrışma derecelerine bağlı olarak parlaklık ve cilalarını kaybetmektedir. Buradaki opallerde camsı ve mumsu cilalar gözlemlenmiştir. Bazı örneklerde camsı bazılarında mumsu cilalı özellikler daha etkilidir. Özel bir firmanın yaptığı takıların çok iyi parladığı ve cilalandığı gözlemlenmiştir. Hem doğal cilalarının iyi hem de hazırlanmış takı örneklerinin çok iyi cila alması Turnalı opalleri için çok önemli bir özelliktir.

Dilininim: Dilininim göstermemekte, homojen ve yer yer mikro kırılmalar görülmektedir.

Kırılma: Midye kabuğu ve camsı kırılması var. Çoğu kere konkoidal (midye kabuğu) kırılması etkilidir.

Kırılmalık: Turnalı opalleri son derece kırılmalık olup kolayca parçalanabilmektedir. Oldukça gevreklerdir. Büyük bloklar çekiç ve balyozla kırıldığında bazen düz kırılmalı yüzeyler elde edilebilmektedir.

Diğer özellikleri: Turnalı opallerinde hakim rengin yeşil ve tonları olmasına karşın çoğu rengin yer yer birkaç milimetrik alanda oluşmuş olması opallere oldukça farklı bir özellik kazandırmıştır. Bu nedenle takı olarak kullanılacak opallerin renk seçimlerine önem verilmesi gerekmektedir.

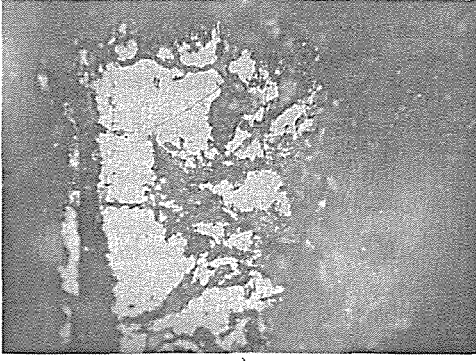


Şekil 2: Çalışma sahasının jeolojik kesiti.

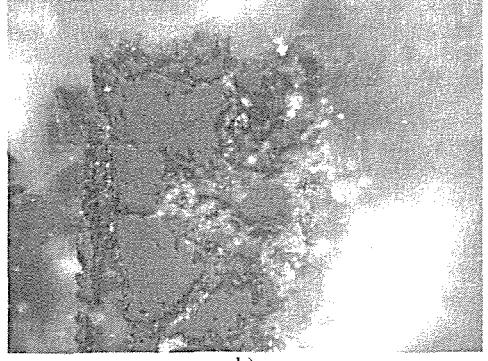
2.3 Turnalı Opallerinde Yapılan Cevher Mikroskobu Çalışmaları

Bu yöndeki incelemede özel bir şirketin hazırlanmış olduğu takı örneklerinin parlatılmış yüzeyleri incelenmiştir. Seçilen örneklerin genelde farklı renklerde olanları seçilip incelemeye alınmıştır. Yapılan araştırma sonucunda:

Parajenezde: Kromit, götit, hematit, limonit, nabit kristaller belirlenmiştir (Şekil 3).



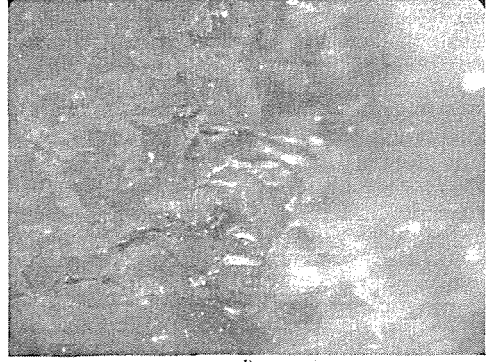
a)



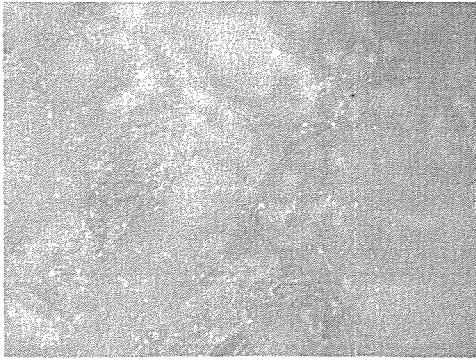
b)



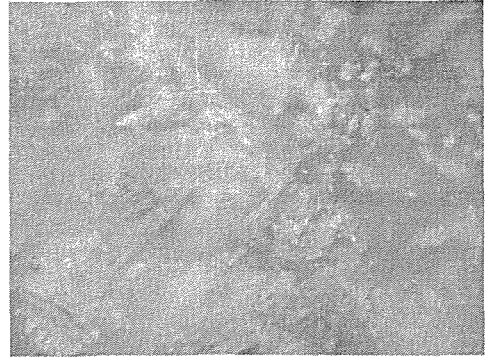
c)



d)



e)



f)

Şekil 3. Turnalı opali parlak kesit cevher mikroskobisi görüntüleri. Kromit mineralinin tek nikol (a) ve çift nikol (b) görüntüsü, ayrılmış kromitlerin tek nikol (c) ve çift nikol (d) görüntüsü, demir bileşiklerinin tek nikol (e), çift nikol (f) görüntüsü.

Süksesyon: Turnalı opallerinde ilk oluşan opak mineral (cevher minerali) kromittir. Buradaki kromitlerin ayrılmış taban kayacı serpantinlerden sökülüp alınıp taşındığı belirlenmiştir. Kromitler yer yer deformasyonlara uğramışlar ve kenarları

boyunca bozularak hematit ve limonitleri oluşturmuşlardır. Opaller içerisinde dağılmış bu mineraller opallerin çok renkliliklerine neden olmuşlardır. Burada özellikle Cr ve Fe bileşikleri (oksit ve silikatları) opallerin yeşil, kırmızı, turuncu,

sarı, mavimsi yeşil ve kahve renkli renklerini oluşturmuşlardır. Ayrıca Ni elementini de unutmamak gerekir. Serpantinler de iz olarak bulunmaktadır. Cr ve Fe silikatları için:

Cr (SiO₃) → (Uvarovit benzeri) Kromlu sulu silikat (Yeşil opallerde).

Fe (SiO₃) - Fe₂O₃.nH₂O - FeO.nH₂O → Grupları sarı, kahve, kırmızı, turuncu ve yeşil renkli (Fe⁺³) opalleri oluşturmuşlardır.

Bu iki element bileşiklerinin karışımları ise Turnalı opallerindeki çok renklilik oluşumlarını sağlamışlardır. Parlatılmış örneklerdeki siyah beneklerin kromit tanecikleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca siyah parçalı renk kümelenmiş kısımlarda kromit taneciklerinin yığıldığı (birikim sağladığı) gözlemlenmiştir. Bu çok renkli opallerdeki sarı, kırmızı alanlara yakın kromitlerin aşırı bozduğu ve açığa çıkmış hematit, limonit ve demirli silikatların oldukça yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Yine çok renkli opallerin mavi ve yeşilimsi alanlarında ayrılmış kromit taneleri bulunmaktadır. Açığa çıkan limonit, hematit ve götiller kılcal damarcık, hücrel ve üçgen şekillerle dağılık olarak oluşmuşlardır.

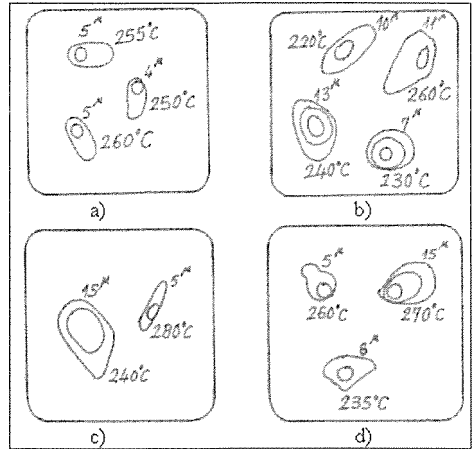
Ayrıca bu mavi ve yeşil alanlarda kıvrılmış ve bükülmüş kromitler (deforme olmuş) belirlenmiştir. Bunun yanı sıra koyu yeşil jelimsi (pıhtı) yapılar da saptanmıştır. Aynı koyu yeşil opallerde (siyah opaller) hematit ve limonit kümelenmeleri ile spekülarit benzeri hematitler gözlemlenmiştir. Bu alanda grafiksel şekiller oluşmuş, üçgen, paralel kenar, trapez ve daha pek çok geometrik şekiller gözlemlenmiştir. Hematit ve limonitler silisli ortamda buldukları için çok kuvvetli iç yansımalar göstermektedir. Bazı kristaller kafes yapılarını oluşturmuş, kristallerin ortaları ayrılmış kenarları rekristalize olmuşlardır. Yer yer çok iri kromitler bulunmaktadır ve kırıklı yapıları yanında uçları bükülmüşlerdir. Koyu yeşil opallerin bazılarında çok koyu kılcal damarcıklar oluşmuştur. Bu damarları hematitler (götit+lepidokrosit) teşkil etmişler ve bazıları birbirine paraleldirler.

Turnalı opalleri bir ultrabazik kayacın ayrışım zonu olan üst zonunda oluşmuş olduğuna göre, bu zonda kalıntı olarak zenginleşmiş elementlerin mutlaka etkisinde kalmıştır. Ultrabazik kayacın ayrışımaları ile Cr, Si, Fe, Al, Mn, Ni, U, Ba, Mg, Co elementleri bu zonda zenginleşmektedir. Bunlardan Fe, Cr, Si zenginleşmesi belirlenmiştir. Diğer elementlerin durumu ise yapılacak kimyasal analizler sonucu belli olacaktır. Ayrıca opallerde belirlenen nabit kristaller nabit Au ve nabit Ni'e benzemektedir. Bunlarında analizleri yapılması gerekir.

2.4 Turnalı Opallerinde Yapılan Sıvı Kapanım Çalışmaları

Sıvı kapanım çalışmaları, Leitz ısıtma tablası ve ekipmanları ile Jeoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Her tür opalden hazırlanan kesitlerde sıvı kapanım içeriklerinin çok azlığı ve oldukça küçük boylarda oluşları gözlemlenmiş ve çok fazla deney yapılamamıştır. Bu nedenlerle ancak 12 sıvı kapanımın ısıtma deneyleri gerçekleştirilmiş, şu özellikler belirlenmiştir:

Birincil kapanımlar olan bu sıvı kapanımların boyutları 4-15 mikron arasında değişmektedir (Şekil 4 a.,b.,c.,d.). Genelde elips şekilli olan kapanımlarda 3 ayrı tür belirlenmiştir. Çoğunluğunu tek gazlı ve birinci grup kapanımlar oluşturmaktadır. Tek gazlılardan büyük gazlı bir kapanım belirlenmiştir (Şekil 4.c.). İki gazlı 3 kapanım gözlemlenmiştir (Şekil 4.b.,c.). Turnalı opallerinin sıvı kapanımlarının çok küçük ve az oluşu birçok faktöre bağlı olabilir. Opallerin amorf olması, yüzeyde bir zonda oluşması, basıncın düşüklüğü, opallerin su içermesi (%7) gibi bazı özellikler düşünülen etkili özelliklerdir.



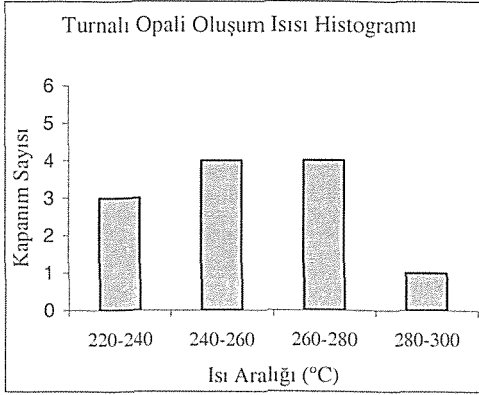
Şekil 4: Turnalı opallerinin sıvı kapanımları.

Turnalı opallerinin oluşum ısıları için yapılan histogram da (Şekil 5.), opallerin homojenleşme ısı aralığı 220°C - 280°C arasında belirlenmiştir. Bu netice Epitermal yatakların oluşum ısılarını içermektedir (John, 1986).

2.5 Turnalı Opalinin Oluşumu

Turnalı opalinin temel kayacını ultrabazik bir kayacın olan harzburjitler oluşturmaktadır. Bu birim, Kuzey Anadolu'nun üst kretase ofiyolitlerinin bir üyesidir. Ofiyolitler oluşuktan sonra aşınma evresinde yüzeylenmişler ve ayrılarak serpantinleşmişlerdir. Neojende uzun bir oksidasyon

döneminde silisli, demirli ve alüminyumca zengin bir yüzey de oksidasyon zonu oluşturmuştur. Serpantin oluşum döneminde olivin ve ortopiroksenler de ayrılmışlardır. Serpantin, antigorit, krizotil, bastit, lizartit ve klorit gibi silikat bileşikli ikincil mineraller oluşmuştur. Bu oksidasyon ortamındaki silikatlar, demir oksitleri, alüminyumca zengin bileşikler, neojendeki 200-300°C bir ısıyı içeren sıcak suların ortama gelişleri ile hem ortamın artık silisleri hem de kendi taşınmış oldukları silis içerikleri solüsyonlarda bileşim ve yer değiştirme (metazomatoz) yoluyla tüm parçacıkları (nodülleri) ve mineral parçacıklarını bağlamışlardır. Böylece Turnalı opalleri oluşmuşlardır.



Şekil 5: Turnalı Opallerinin oluşum ısıları

2.6 Turnalı Opali Türleri

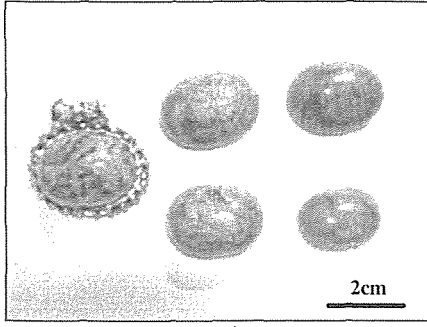
Uluslararası sınıflama grubunda koyu ve açık renklilik özelliklerine göre siyah ve beyaz opal türleri bulunmaktadır. Ayrıca parlattılmış opallerin renk oyunları gösterip göstermemesine göre ve renk oyunlarının mevcut örneklerde olmamasına göre ise sıradan opal grubunda yer almaktadırlar. Ancak Turnalı opallerinde hakim olan çok renklilik, çok değişik güzel şekiller, desenler oluşturması değerini artırmaktadır (Şekil 6). Bu yönüyle Turnalı opalleri çok değerlilerle, sıradan opaller arasında yer almaktadır. Hatta bazı takı örneklerindeki renk, desen ve bezenimler değerli opallerle boy ölçüşecek özelliklerdedir. Yeter ki takıların estetik, uygunluk ve renk seçimi uygun seçilebilsin. 99 çeşit opal türünü içeren uluslar arası opal türleri (Ek 1) içerisinde Turnalı opallerinde 4 ara olmak üzere tam 31 çeşit opal türü belirlenmiştir. Belirlenen bu opal çeşitlerinden 3 tanesi Çağla Yeşil Opali (Green Almond Opal), Manzara Opal (Panorama Opal) ve Zümrüt Opal (Emerald Opal) yeni olup uluslararası sınıflamada yer almayan ve yazar tarafından belirlenen türlerdir.

Çizelge 1. Erzurum-Şenkaya Turnalı opali türleri

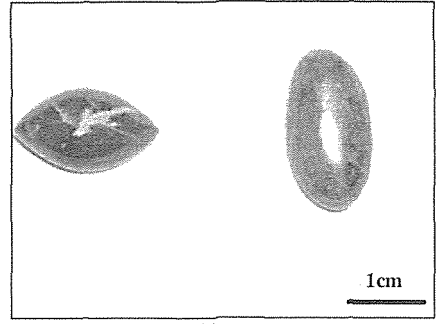
Erzurum-Şenkaya Turnalı Opali Türleri	
1. Adi Opal (Common Opal)	
2. Ağaç (Odun) Opali (Lithoxyl Opal)	
3. Ateş Opal (Fire Opal) (Çok Az Miktarda)	
4. Bal Opal (Honey Opal) (Çok Az Miktarda)	
5. Bantlı Opal (Banded Opal)	
6. Beyaz Opal (White Opal)	
7. Boyalı Opal (Painted Opal)	
8. Cam Opal (Glass Opal)	
9. Çağla Yeşil Opali (Green Almond Opal)	
10. Dağ Opali (Mountain Opal)	
11. Damarcıklı Opal (Seam Opal)	
▪ Beyaz damarcıklı (White)	
▪ Koyu kırmızı damarcıklı (Deep Red)	
▪ Sarı damarcıklı (Yellow)	
▪ Turuncu damarcıklı (Orange)	
12. Jelimsi Opal (Jell Opal)	
13. Koyu (Kara) (Dark, Black Opal)	
14. Koyu Bordo Renkli Opal (Liver Opal)	
15. Koyu Yeşil Opal (Prase Opal)	
16. Manzara Opal (Panorama Opal)	
17. Parçalı Opal (Boulder Opal)	
18. Parıltılı Opal (Flash Opal)	
19. Parlak Dağ Silsilesi Opali (Lighting Ride O.)	
20. Parlak Opal (Light Opal)	
21. Renk Cümbüşlü Opal (Lechosos Opal)	
22. Siyah Opal (Black Opal)	
23. Süt Opal (Milk Opal)	
24. Şans Opali (Iridot)	
25. Şeffaf Opal (Claro Opal)	
26. Yosun Opal (Moss Opal)	
27. Zümrüt Opal (Emerald Opal)	

Çizelge 2. Turnalı opalinin fiziksel ve mineralojik özellikleri.

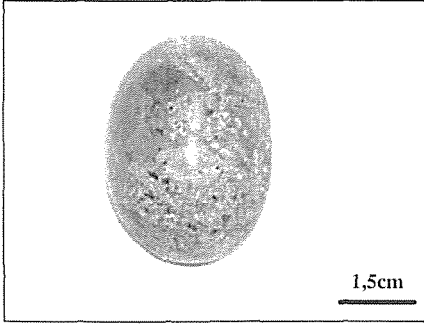
ÖZELLİK	Turnalı Opali	Uluslararası (genel) (Fillin, 2003)
Kimyasal bileşim	Sulu silisyum dioksit Su oranı %7	Sulu silisyum dioksit Su oranı %3-%21
Sertlik	6,5 (ayrışmışlarda 5,5)	5,5-6,5
Kırılma	Konkoidal (Midye kabuğu)	Konkoidal
Klivaaj	Yok	Yok
Özgül ağırlık	2,17 (su içeriğine bağlı)	1,98-2,25 (su içeriğine bağlı)
Şeffaflık	Yarı şeffaf, mat	Şeffaf olmayan, saydam
Parlaklık	Camı	Camı
Çizgi rengi	Beyaz	Beyaz



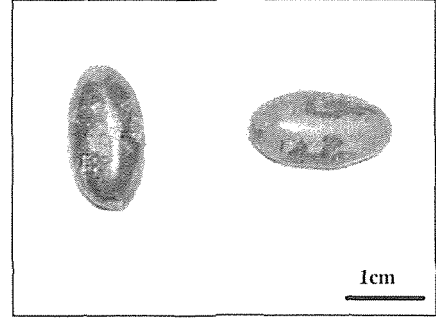
a)



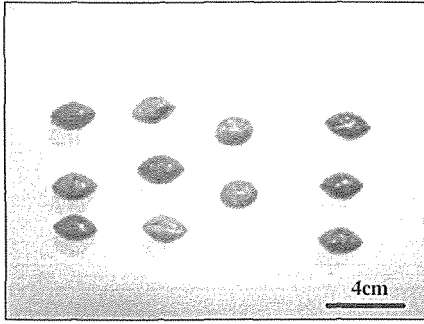
b)



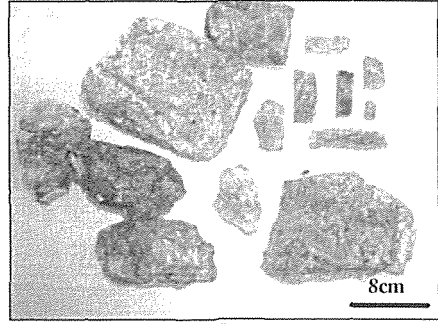
c)



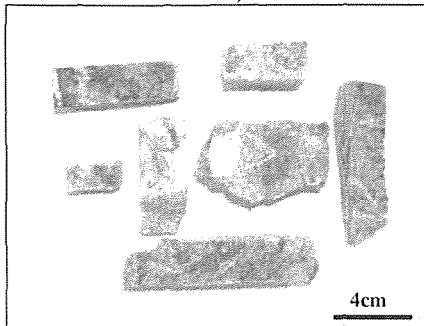
d)



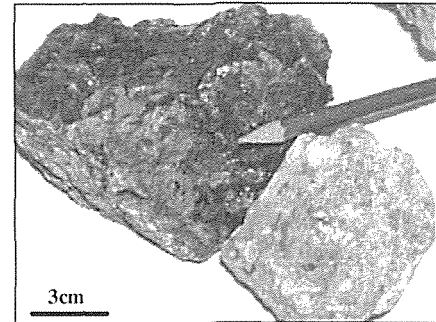
e)



f)



g)



h)

Şekil 6: Parlatılmış örnekler (a, b, c, d, e.) ve araziden alınan örnekler (f, g, h.)

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Erzurum-Şenkaya Turnalı bölgesinde mevcut bulunan opal yatağından alınan örnekler incelenmiş ve elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bu incelemeler sonucunda;

- Opallerin %7 oranında su içerdiği belirlenmiştir.
- Opallerin yeşil ve tonları, mavi ve tonları, mor, kahverengi, kiremit kırmızısı, turuncu, sarı, gri ve beyaz renkleri olduğu gözlemlenmiştir. Deneysel mikroskobik çalışmalarda, parlatılmış örneklerde çokça kromit, hematit, kromitlerin ayrışması ile silisli alanlara yayılmış hematit ve limonitler renklerin oluşumlarında etkili olduğu belirlenmiştir.
- Örneklerden elde edilen ince kesitlerin incelenmesinde ayrılmış olivin ve ortopirosenler belirlenmiştir. Yapılan XRD analizinde, grafiklerin incelenmesi sonucu olivin ve ayrılmış hematitler saptanmıştır.
- Cevher mikroskobuyla yapılan çalışmada parajenezde kromit, götit, hematit, limonit nabit kristaller belirlenmiştir. Sükseyonda ise Turnalı opallerinde ilk oluşan opak mineral (cevher minerali) kromit olduğu belirlenmiştir.
- Turnalı opallerinde yapılan 12 adet sıvı kapanım çalışmasıyla opallerin oluşma ısılarının 220°C - 280°C arasında olduğu belirlenmiştir.

Opalin uluslararası yapılan sınıflamasında 99 opal çeşidinin olduğu ve bu sınıflama baz alınarak Turnalı opallerinde de 31 çeşit opal türü bulunmuştur.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda Erzurum-Şenkaya Turnalı opallerinin çok değerli opaller ile sıradan opaller arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Turnalı opalinin özellikleri yurtiçi ve yurtdışında tanıtılmış ve çeşitli takılarda kullanılmaya başlanmıştır. Böylece Turnalı opali değer kazanmaya başlamıştır. Renginden dolayı zümrüt

sözcüğü gündeme gelmiş olup bu opalimize ayrı bir önem vermektedir. Ayrıca bölgedeki yatağın, daha ayrıntılı bir araştırma yapılarak özelliklerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Dünyada geçerli olan ve kullanılan takı türleri iyice araştırılarak Erzurum-Şenkaya-Turnalı opali daha albenisi yüksek ve ekonomik değere sahip olacak şekilde değerlendirilmesi (işlenmesi) gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Çelik, M., Karakaya, N., 1998, "Sistemik Mineraloji", Bizim Büro Basımevi, 1.Baskı, Konya.
- Fillin, S.V., Puzynin, A.I., Samoïlov, V.N., 2003, "Some Aspects of Precious Opal Synthesis", Scientific Center For Applied Research, Dubna, JINR, Russia.
- Gilbert, J.M., Park, C.F., 1986, "The Geology of Ore Deposits", W.H. Freeman and Company, sayfa:532-571, New York.
- Hatipoğlu, M., 1998, "Sütaşlarının Dünyası", Mermer Dergisi 19, Sayfa 24-30. İzmir.
- Horton, D., 2000, "Australian Sedimentary Opal-Why Is Australia Unique?", Managing Director of Opal Horizon Limited, Australia.
- Köktürk, U., 2002, "Endüstriyel Hammaddeler", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:205, 244-248, İzmir.
- Sarız, K., Nuhoglu, İ., 1992, "Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi", Anadolu Üniversitesi, Yayın No: 636, Eskişehir.
- Simandl, G.J., Paradis, S., Diakow, L.J., Wojdak, P.J., Hartley, A.J., 1998, "Precious Opal in The Whitesail Range", West-Central British Columbia, Geological Fieldwork, 285-293 Canada.
- URL 1. <http://www.cigem.ca>
- URL 2. <http://aogia.polygon.net>
- URL 3. <http://ezpawncorp.com>
- URL 4. <http://www.austgem.gil.com.au>
- URL 5. <http://www.minerals.net>

Ek 1. Dünya Opal Türleri (Url 5).

Uluslararası Sınıflama			
1. Agate Opal	Agat (Akik) Opal	51. Mother of Pearl Opal	Sedef Opal
2. Amatiite	Amatiite	52. Mountain Opal	Dağ Opali
3. Amber Opal	Amber Opal	53. Neslite	Koyu Kahve Opal
4. Andamooka Opal	Andamooka Opal	54. Nevada Opal	Nevada Opali
5. Banded Opal	Bandlı, Çizgili Opal	55. Onyx Opal	Oniks Opal
6. Bandfire Opal	Bandlı Ateş Opal	56. Opal Matrix	Matriks (Parçacık) Opal
7. Black Opal	Şiyah (Kara) Opal	57. Opaline	Parçacık Opal
8. Bone Opal	Kemik Opal	58. Opalite	Opalit
9. Boulder Opal	Parçalı Opal	59. Opalized Bone	Opalleşmiş Kemik
10. Cachalong Opal	Boşluklu (Delikli) Opal	60. Opalized Fossil	Opalleşmiş Fosil
11. Cherry Opal	Kiraz Opal	61. Opalized Shell	Opalleşmiş Kavkı
12. Chloropal	Klor Opal	62. Opalized Wood	Opalleşmiş Odun
13. Chrysopal	Krizopal	63. Painted Boulder	Boyalı Opal
14. Claro Opal	Şeffaf Opal	64. Pearl Opal	Sedef (İncimsi) Opal
15. Common Opal	Adi (Bayağı) Opal	65. Pineapple Opal	Ananas Opal
16. Contra Luz Opal	Kontra Luz Opal	66. Pinfire Opal	İğne Şekli Ateş Opal
17. Coober Pedy Opal	Kuber Pedy Opal	67. Pin Point	İğne Uçlu Opal
18. Crystal Opal	Kristal Opal	68. Pipe Opal	Boru (Pipo) Opal
19. Dark Opal	Koyu (Kara) Opal	69. Pitch Opal	Zift Opal
20. Diatomite Opal	Diyatomit Opal	70. Potch	Adi Opal
21. Fire Opal	Ateş Opal	71. Prase Opal	Koyu Yeşil Adi Opal
22. Flame Opal	Alev Opal	72. Precious Fire Opal	Nadide Ateş Opali
23. Flash Opal	Parıltı (Şimşek) Opal	73. Precious Opal	Nadide Opal
24. Flashfire Opal	Parıltı Ateş Opal	74. Primed Opal	En İyi (Ana) Opal
25. Fossil opal	Fosil Opal	75. Pyrophane	Nadide Opal
26. Gelite Opal	Jel Opal	76. Queensland Opal	Kraliçeler Kararı Opal
27. Gayselite	Gayser (Sıcak su) Opal	77. Quincite Opal	Pembe Opal
28. Gilson Opal	Gilson Opal (Sentetik)	78. Radiolite Opal (Radio Opal)	Adi (Radiolaryalı) Opal
29. Girasol Opal	Girasol Opal	79. Rainbow Opal	Gökkuşuğu Opal
30. Glass Opal	Cam Opal	80. Red Flash Opal	Kırmızı Parıltılı Opal
31. Gold Opal	Altın Opal	81. Resin Opal	Sakız (Sakız Cilalı) Opal
32. Harlequin Opal	Palyaço Opal	82. Rumanite Opal	Romanya Opali
33. Honey Opal	Bal Opal	83. Seam Opal	Damarcıklı Opal
34. Hungarian Opal	Macar Opali	84. Semi Opal	Yarım (Opalimsi) Opal
35. Hyacinth Opal	Şümbül Opal	85. Shell Opal	Kavkı Opal
36. Hyalite	Hyalit	86. Slocum Stone	Slokum Taşı (Sentetik)
37. Hydrophane	Boşluklu Opal	87. Sun Opal	Güneş Opali
38. Iridot	Şans Opali	88. Tabasheer	Organik Opal
39. Isopyre	Parçalı Opal	89. Virgin Valley Opal	Virjin Vadisi Opali
40. Jasper Opal	Jasp Opal	90. Wash Opal	Aşınmalı (Su İle) Opal
41. Jell Opal	Jelimsi Opal	91. Water Opal	Su opali (Jel Opal)
42. Lechosos Opal	Lekosos Opal	92. Wax Opal	Mum Opal
43. Lemon Opal	Limon Opal	93. White Cliff Opal	Beyaz Klif Opali
44. Levin Opal	İşmalı Kıymetli Opal	94. White Opal	Beyaz Opal
45. Light Opal	Parlak Opal	95. Wood Opal	Odun (Ağaç) Opal
46. Lighting Ride Opal	Parlaklı Dağ Silsilesi Opali	96. Yowah Nut	(Yuvarlak) Parçalı Opal
47. Lithoxyl Opal	Ağaç (Odun) Opali	97. Liver Opal	Koyu Bordo Renkli Opal
48. Milk Opal	Süt Opal	98. Menilite	Mat Koyu Kahve Adi Opal
49. Moss Opal	Yosun Opal	99. Mexican Fire Opal	Meksika Ateş Opali
50. Mother Opal	Ana Opal		

Doğu Karadeniz Barit Potansiyeline Genel Bir Bakış

Ö. Şaban & K. Muş

DÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

ÖZET: Bu bildiri; baritin kullanım alanları, üretimi ve Doğu Karadeniz bölgesinin barit potansiyeli incelenmiştir. Çalışmada ayrıca Doğu Karadeniz baritlerinin genel özellikleri ve değerlendirilebilme imkanları tartışılmıştır. Doğu Karadeniz bölgesinde barit yoğun olarak Gümüşhane ve Giresun illerinde bulunmaktadır ve toplam rezerv yaklaşık 4,5 milyon ton civarındadır. Mevcut barit yatakları için kalite belirleyici araştırmaların yapılmadığı görülmüştür. Potansiyel bariti işletilebilmek için öncelikle kapsamlı araştırmalar yapılmalı ve barit uygun üretim yöntemleri ile ekonomiye kazandırılmalıdır.

ABSTRACT: This paper investigates the evaluation potential of the barites in Eastern Black Sea region in addition to the utilization potential and production of barite. Additionally general properties and evaluation potentials of the barites in the region are discussed. Barite is mostly found in Gümüşhane and Giresun and total reserve in Eastern Black Sea region is approximately 4.5 million tons. It is found that researches into calibre predication has not been done yet for the deposits known. There is a need to comprehensive researches to mine the potential reserves and then these reserves must be brought into the economy using suitable production methods.

1 GİRİŞ

Barit, Baryumun doğadaki en yaygın mineralidir. Kimyasal formülü $BaSO_4$ olup, özgül ağırlığı 4.5 gr/cm³ tür. Sertliği 2.5–3.5 arasındadır. İçerdiği Fe' den dolayı kırmızı ve kahverengi, karbonlu maddelerden dolayı siyah, sarı, kırmızı, mavi renklerde görülebilir.

Saf barit % 65.7 BaO ve % 34.3 SO_3 içermektedir. Barit rombusal sistemde ve masif olarak oluşmuştur. Yağimsı parlaklıktadır ve çakı ile kolayca çizilebilir. Yuvarlak, böbreğimsi, yaprağimsi, işinsal ve yelpaze görünümündedir. Su ve asitlerde erimez. Üfleçte çatırdar ve güçlkle erir, alevi yeşilimsi renge boyar. Toz haline getirildiği zaman derişik H_2SO_4 içinde çözünür ve eriyik su ile çözeltili meydana getirir. Genellikle kuvars, kalsit, dolomit, siderit, selestin, fluorit, pirit, kalkopirit, galen, sfalerit ve demirli killer içinde barit mineraline rastlanır. Barit gang minerali olarak özellikle tabakalı yataklarda Pb, Zn, Au, Ag, F ve toprak alkalilerle birlikte bulunabilir. Barit yataklarının bir kısmı volkanik faaliyetler sonucu primer, diğer bir kısmı aşınma ve çökme sonucu sekonder olarak oluşmuştur. Oluşum şekillerine göre; hidrotermal stratiform ve kalıntı tip yataklar olarak sınıflandırılırlar. Yaygın olarak barit, orta-

düşük sıcaklıklarda meydana gelen hidrotermal yataklarda bulunur (URL-1).

2 BARİTİN KULLANIM ALANLARI

Barit; yoğunluğunun yüksek oluşu, beyaz rengi ve kimyasal etkilere dayanıklılığı ile x ve gama ışınlarını soğurucu özellikleri nedeniyle yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

Sondaj Sanayi: Baritin en önemli kullanım alanı petrol sondajlarında sondaj çamuru yapımıdır. Petrol sondajlarında kullanılan sondaj çamuru; kil, kimyasal madde, su ve baritten oluşur. Çamurun özgül ağırlığı 2.5 gr/cm³ olacak şekilde ayarlanmıştır. Barit çamura ağırlık maddesi olarak katılmaktadır. Sondaj çamurunda kullanılan barit; 325 mesh inceliğe kadar öğütülmektedir. Baritin % 92 $BaSO_4$ içermesi, FeO içeriğinin % 1-2' yi geçmemesi ve özgül ağırlığının 4.2 gr/cm³ olması istenilmektedir (Köktürk, 2002).

Kimya Sanayi: Kimya sanayinde barit, siyah kül eldesinde kullanılır. Parça halindeki barit ve ince öğütülmüş kömür tozu, 1250-1350 °C sıcaklıklarda döner fırın içinde ısıtıldığı zaman, bir katı hal tepkimesi sonucu %80-85 baryum sülfürden oluşan Siyah Kül oluşur. Siyah kül; beyaz boya maddesi litofon ve kimyasal baryumun hammaddesini

oluşturur. Kimya sanayi için $BaSO_4$ oranı en az %94, Fe_2O_3 oranı en çok %1, CaF_2 oranı en çok %0,5 ve öğütme inceliği 4-20 mesh arasında olmalıdır (Türkiye Barit Envanteri, 1976).

Cam Sanayi: Baritin ilavesiyle cam daha işlenebilir hale gelir ve parlaklığı artar. Barit; cam eriyiğinin yüzeyinde oluşan ısıyı giderir, köpüğü aktırır ve yakıt tasarrufu sağlar. Baritten elde edilen yan ürünler de cam sanayinde kullanılır. Bunlardan baryum oksit ve baryum karbonat en önemlileridir. Cam sanayinde barit; 16-20 mesh boyutuna öğütülmüş olarak kullanılır. Cam sanayinde kullanılacak baritin en az % 98 $BaSO_4$ ve en çok % 1.5 SiO_2 , % 0.15 Al_2O_3 ve % 0.15 Fe_2O_3 içermesi istenmektedir (URL-2).

Boya Sanayi: Barit, boya sanayinde badana tipi boyalarda beyazlatıcı pigment olarak, yapılan boyalarda inceltici olarak kullanılmaktadır. Kullanılan baritin, % 9' dan fazla $BaSO_4$, %0.5'den fazla Fe_2O_3 ve % 0.5 'den fazla nem içermemesi gerekmektedir (Güneri, 1996).

Diğer Kullanım Alanları:

Baryum X ışınlarını zararsız hale getirme özelliğine sahiptir. Bu nedenle hastanelerde röntgenle ilgili bütün iplerde kullanılır

Baryum klorit; suların temizlenmesinde ve baryum bioksit oksijenli su elde edilmesinde kullanılır.

İnce ufalanmış barit, sentetik kauçuk ile karıştırılır ve asfalta ilave edilerek yol, hava meydanları, park yerleri yapılır.

3 TÜRKİYE BARİT MADENCİLİĞİ DURUMU

Türkiye; Antalya, Çanakkale, Eskişehir, Konya, Muş, Nevşehir, Kahraman Maraş, Gümüşhane, İçel' de toplam olarak 48 milyon ton civarında barit rezervine sahiptir. Burada % 9 görünür, % 17.7 muhtemel, % 27.3 mümkün, geri kalanı potansiyel ve kaynaktır (Köktürk, 2002).

3.1 Türkiye Barit Üretimi

Ülkemizde barit madenciliği 1964 yılından sonra gelişme göstermiştir. Tablo 1'de 2000-2003 yılları arasında Türkiye barit üretimi verilmektedir. Barit özel sektör tarafından işletilmektedir. Damar ve tabakalanmış barit yatakları, yatağın tipine göre açık veya yer altı işletmesi olarak çalıştırılır. Kalıntı barit yatakları genellikle açık işletme yöntemi ile işletilirler. Cevher hazırlamada ise baritin kullanım alanına göre gravite veya flotasyon yöntemleri uygulanır.

Tablo 1. Yıllara göre Türkiye barit Üretimi (DPT, 2003)

Yıllar	Miktar (Ton)
2000	59.457
2001	57.373
2002	107.000
2003	125.000

3.2 Türkiye Barit Tüketimi

Öğütülmüş barit en çok sondaj kuyularında kullanılmakla beraber diğer sanayi kollarınca da tüketilmektedir. Türkiye' nin yıllık öğütülmüş barit tüketim miktarı yılda 12.000 ton civarındadır (DPT 2001). Tüketimin % 90 oranında sondaj sanayinde kullanılması sektörün bu yönde talebine bağlı olarak değişim göstermektedir.

4 DOĞU KARADENİZ BARİT POTANSİYELİ

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde barit; Gümüşhane ve Giresun illerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Trabzon ilinde bilinen tek zuhur Maçka Yenimahalle zuhurudur. Giresun-Dereli ve Gümüşhane-Haviyana barit zuhurlarının $BaSO_4$ içeriği yüksek olup, endüstrinin ihtiyacına karşılık verebilecek niteliktedir. Varlığı bilinen diğer barit zuhurlarına ise kalite belirleyici araştırmalar yapılmamıştır.

4.1 Giresun-Dereli Zuhuru

Zuhur, Giresun iline bağlı Dereli ilçesinin 5 km güneybatısında Maden mahallesi civarında Toprak Tepe yöresindedir. Cevherleşme hidrotermal kökenlidir. Barit, gang mineralidir ve bakır, kurşun ile beraber bulunur. Sahadan temsili numuneler alınmış ve % 96 $BaSO_4$ bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda 250.000 ton muhtemel ve 2.000.000 ton mümkün barit rezervi saptanmıştır. Saha özel bir şirkete ruhsatlıdır. Sahanın tenörünün yüksek olması sebebiyle işletilmesi karlıdır (Paslı, 2000).

4.2 Giresun-Köprübaşı Zuhuru

Zuhur, Giresun iline bağlı Tirebolu ilçesi, Harşit bucağının Köprübaşı mevkiinde bulunmaktadır ve Harşit çayının yakınındadır. Barit polimetallik bir oluşumdur. Filonlar pirit, kalkopirit, bornit, galen, sfalerit içerirler. Zuhurdan alınan numuneler ile yapılan analiz sonucu % 0.94 Cu, % 1.54 Zn, % 3.16 Pb saptanmıştır. Derinlere doğru yapılan sondaj çalışmaları ile %1.29 Cu, % 7.72 Zn, % 5.93 Pb, % 0.97 Sb, 457 gr/ton Ag ve 2.4 gr/ton Au bulunmuştur. Yapılan araştırmalar sonucu cevherin büyüklüğü ve tenörü hakkında tam bir bilgi verilme olanağı yoktur. 2.000.000-2.500.000 ton mümkün rezerv saptanmıştır. Ba içeriği % 8 olarak alınmıştır. Bu yaklaşıma göre, 160.000-200.000 ton metal baryum vardır. Bu zuhurda Ba içeriği oldukça düşük olduğundan, yatağı günümüz koşulları ile işletmek ekonomik görünmemektedir (Paslı, 2000).

4.3 Gümüşhane-Haviyana Zuhuru

Gümüşhane ili Torul ilçesi, Haviyana köyünün Haviyana deresi mevkiinde bulunmaktadır. Arazide

şistler ve intruzif kayalar yaygındır. Cevher merccekler şeklinde olup, damarlar 10-20 m uzunluktadır. Damar kalınlığı 0.5-4 m arasındadır. Rezerv hesaplanmasında 10 km ' lik bir kısım alınarak 7000 tonluk görünür bir barit rezervi saptanmıştır. Yapılan analizler sonucu % 91.36 BaSO₄, % 3.92 Al₂O₃, % 2.11 SiO₂ ve % 1.02 Fe₂O₃ bulunmuştur. Tenörü yüksek olduğu için işletilmesi mümkündür (Paşlı, 2000).

Bunun dışında kalite ve rezerv bakımından belirleyici çalışmaların henüz yapılmadığı belirli barit zuhurları Tablo 2'de verilmiştir.

5 SONUÇLAR

Barit; işletilmesi ve zenginleştirilmesi kolay, kullanım alanı yaygın bir mineraldir. Ülkemiz dünya barit rezervinin %7' sine sahiptir ve yıllık üretim 150.000 ton civarındadır. Baritin en önemli kullanım alanı petrol sondajlarıdır. Uzmanlar önümüzde ki yıllarda petrol sondajlarının ortalama derinliğinin

artacağını, buna paralel olarak da barit talebinin artacağını ileri sürmektedirler. Radyoaktif ışınları absorbe ettiği için radyoaktif malzeme taşıyan gemilerin yapımında barit kullanımında önem kazanacağı tahmin edilmektedir. Mevcut rezervlerin rafine ürün eldesi amaçlı kullanılması ve yurt içindeki petrol sondajlarında tüketilmesi, ihracat için yeni barit rezervlerinin ortaya çıkarılmasını gerektirmektedir.

Doğu Karadeniz bölgesi toplam barit rezervi 2,5-3 milyon ton civarındadır. Doğu Karadeniz Bölgesi' nde belli başlı barit yatakları bulunmasına rağmen, tespit edilen zuhurların tenörünü ve kalitesini belirleyecek nitelikte araştırmalar yapılmamıştır.

Gerekli araştırmalar yapıldıktan sonra, günümüz teknolojisi kullanılarak ekonomiye kazandırılacak barit cevherlerine yönelik işletmeler açılmalıdır. Böylece mevcut barit potansiyelinin bölge ve dolayısıyla ülke ekonomisine olumlu katkıları görmek mümkün olacaktır.

Tablo 2. Gümüşhane ili barit zuhurları (Paşlı 2000)

ZUHUR	BULUNDUĞU YER	REZERV (ton)	CEVHERLEŞME
Limniş	Limniş köyü/Şiran	375.000	Zuhur, az oranda kuvars içermektedir.
Zarabot	Zarabot köyü/Şiran	151.210	Zuhur, az oranda galen ve pirit içermektedir.
Alnyayıl	Alnyayla köyü/Torul	12.240	Cevher minerali barit olup az oranda amorf
Hatıpler	Hatıpler Mah	2323.5	Cevherleşme granitlerin içerisinde.
Karadağ	Artabel köyü	2268	Cevherleşme kuvarsporfirler içerisinde.
İlaç	İlaç köyü/Kelkit	1012.5	Cevherleşme granitlerin içerisinde.

KAYNAKLAR

- DPT, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu, Genel Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, 1996, Ankara
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu, Genel Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, 2001, Ankara
- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı , 2003 Yılı Programı Destek Çalışmaları, 2003, Ankara
- Güneri, M., 1996, Boya Hammadderi, Lisans Bitirme Tezi, Dicle Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği, Diyarbakır
- Köktürk, U., 2002, Endüstriyel Hammaddere, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, No: 205, 8-15
- Paşlı, D., 2000, Barit Madenciligi ve Doğu Karadeniz Bölgesi Barit Potansiyelinin Belirlenmesi, Lisans Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği, Trabzon

Türkiye Barit Envanteri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, 1976, Ankara

URL-1: <http://www.migem.gov.tr/links/kaynakca/sözlük>

URL-2: <http://www.mta.gov.tr/mineraller/barit.asp>

URL-3: http://www.baritmaden.com/index_tr.php

Doğu Karadeniz Bölgesi Jeotermal Enerji Kaynakları

K. Muş & Ö. Şaban

DÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

ÖZET: Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesindeki jeotermal kaynaklar, jeotermal enerjinin tanımı, jeolojisi, kullanım alanları, Dünya'da ve Türkiye'de mevcut durum incelenmiştir. Bu incelemeye göre Doğu Karadeniz bölgesinin jeotermal kaynaklar açısından fakir olduğu görülmüştür. En önemli jeotermal kaynak Rize ilindeki Ayder yöresinde bulunmaktadır. Bu kaynak, özel idare tarafından değerlendirilerek sosyal tesis haline getirilmiştir. Ayrıca Rize-İkizdere'de bir jeotermal kaynak bulunmuş olup henüz tesis haline getirilmemiştir. Özel bir şirket tarafından çalışmalar sürdürülmektedir. Bunun dışında Ordu-Fatsa'da basit kaplıca uygulaması yapılan jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bölgede küçük çaplı kaplıcalar da bulunmaktadır.

ABSTRACT: In this study we investigated geothermal resources in East Blacksea Area, definition of geothermal energy, its geology, fields of use, existing present situation in Turkey and in the World. According to these study, East Blacksea Area is poor about geothermal resources. The most important geothermal resource is located in Rize-Ayder. That area was changed into social foundation by special managing. Also a geothermal resource was found in Rize-İkizdere, but it wasn't turned into foundation. Studies are continued by a special company. Besides there is geothermal resource used for simple hot spring in Ordu-Fatsa. In addition, there are small hot springs in region.

1 GİRİŞ

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir (MÖİK Raporu, 1996).

Düşük ve orta sıcaklıklı (20-70°C) sahalalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisinde, dericilik, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂ den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili (70-150°C) sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili (150°C'den yüksek) sahalardan

elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra diğer alanlarda da kullanılabilir (MÖİK Raporu, 1996).

1.1 Jeoloji

Jeotermal sular yeryüzünün çok derinliklerindeki akiferlerde depolanmıştır. Magma tabakasına yakın olduklarından sıcaklıkları yüksektir ve mineraller içerebilmektedirler. Yeryüzüne yakın kısımlara doğru yükseldikçe yeraltı suyu ile karışabilmekte dolayısı ile YAS kalitesini etkilemektedirler.

Ülkemiz önemli ölçüde jeotermal alanlara sahip olup, 600'ün üzerinde termal kaynak mevcuttur. Jeotermal alanlar, volkanik faaliyetlerin veya Türkiye'deki gibi sönmüş genç volkanların ve tektonizmanın son derece aktif olduğu bölgelerde yer almaktadır. Çeşitli yönlerde ve akımlarda fay zonlarının geliştiği, graben ve horst yapılarının olduğu ve volkanik faaliyetlerin meydana geldiği yerlerde jeotermal alan özellikleri ile karşılaşılması olasıdır. Bu nedenlerle, bu bölgelerde belirgin sıcak su çıkış noktaları (kaplıca, ılıca) olmasa bile jeotermal alan özellikleri yer altı suyunda görülebilmektedir (DPT Raporu, 1997).

Yer kabuğunun kırıklı, çatlaklı, tektonik yönden aktif zonlarından yükselerek ilerleyen sıcak sular, depolandığı hazne kayadan ya da yol boyunca kat ettiği kayalar ve maden yataklarından çok sayıda kimyasal elementi bünyesine almaktadır. Bu sular iyi kaliteli yer altı suyu taşıyan akiferlere yer yer yayılarak yer altı suyu kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Jeotermal sularda, sulama suyu için zararlı miktarda bor elementi bulunmaktadır. Az miktardaki bor elementi bitki büyümesi için gerekli olmakla birlikte, sulama suyu limitlerini aştığı zaman bitkiyi öldürücü, toprakta birikerek toprağı çoraklaştırıcı ve hatta bir daha kullanılmaz hale getirici özelliklere sahiptir. Jeotermal sular, içme suyu açısından da insan ve hayvan sağlığını etkileyecek, hatta öldürebilecek miktarda arsenik, civa, kadmiyum, kurşun, krom vb. elementler içerebilmektedir (DPT Raporu, 1997).

1.2 Jeotermal Enerjinin Kullanımı

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık amacıyla kullanılan jeotermal enerjiden günümüze, ya doğrudan ısıtma, ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır.

20. yy. başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacıyla kullanılan jeotermal kaynakların kullanım alanları, gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtıcılık ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

1.2.1 Elektrik Üretimi

Hazne sıcaklığı 200°C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150°C ye kadar düşük hazne sıcaklıklı suların da elektrik üretilebilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda buharlaşma noktaları düşük gazlar (Freon, İzobütan vb.) kullanılarak 60-90°C sıcaklıktaki suların da elektrik üretiminde yararlanma çalışmaları sürdürülmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya'da olmuştur. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi, başta A.B.D. olmak üzere İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İzlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye vb. ülkelerde yapılmıştır.

Dünyada halen kurulu gücü 8664MW (1998 yılı itibarıyla) olan jeotermal enerjiden elektrik üretimi gün geçtikçe artmaktadır.

1.2.2 Isıtma

Düşük sıcaklıklardaki jeotermal akışkan (30-150°C) doğrudan ısıtıcılıkla kullanılmaktadır. Yeni geliştirilen ısı pompaları yardımıyla suyun sıcaklığı 5°C'ye düşüncüye kadar akışkandan yararlanabilmektedir.

Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtma da ve sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, A.B.D., Türkiye, Yeni Zelanda, Macaristan) 40°C den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan kullanılmaktadır.

Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmakta ve dünyadaki yaklaşık 13.000MWt karşılığı jeotermal enerji bu amaçla kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, A.B.D., Türkiye, Japonya, Yeni Zelanda ve İzlanda da 30°C den fazla sıcaklıktaki akışkan ısıtılması sağlanmaktadır.

1.2.3 Çeşitli Endüstriyel Uygulamalar

Çeşitli endüstriyel uygulamaları; yiyeceklerin kurutulması (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesi, konserveçilik, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayi, kağıt, dokuma, şeker, ilaç ve pastörize süt imalatıdır. Bu uygulamalara Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda'da rastlanmaktadır.

1.2.4 Kimyasal Madde Üretimi

Jeotermal akışkandan borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit) amonyum sülfat vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde yararlanılmaktadır.

Jeotermal akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılırken; bir çok ülkede sağlık ve turistik tesislerde faydalanılmaktadır.

2 DÜNYADA MEVCUT DURUM

Dünyadaki yüksek ısı akışı gösteren jeotermal kuşakların dağılımı, petrol alanlarında olduğu gibi belli jeolojik özellikler gösteren kuşaklar şeklindedir. Bu alanlarda diğer bölgelere göre daha fazla ısı akışı bulunmaktadır.

Dünyadaki jeotermal enerji açısından önemli kuşaklar ve ülkeler aşağıda verilmektedir; Okyanus ortası ve rift zonları (İzlanda), Volkanik ada yayları ve yitim zonları (Japonya, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, A.B.D., El Salvador, Nikaragua, Şili vb.), Genç orojenik Kuşaklar (Alp kuşağı; Fas, Cezayir, İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Hindistan, Çin), Sıcak Noktalar (Hawaii v.b.).

3 TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUM

Ülkemiz jeotermal kaynak bakımından dünyada yedinci sırada yer almaktadır. Yüzey sıcaklığı 40 derecenin üzerinde olan 140 civarında kaynak mevcuttur. Bu kaynakların 136 tanesi merkezi ısıtma, sera ve konut ısıtılmasına ve endüstriyel kullanıma uygun iken sadece 4 tanesinden teknik ve ekonomik açıdan elektrik enerjisinin elde edilebilmesinin

mümkün olduğu belirlenmiştir. Tüm kaynaklarımızın değerlendirilmesinin petrol eşdeğerinin 9 milyar \$/yıl olduğu hesaplanmıştır.

Türkiye'de çeşitli yörelerde bulunan jeotermal sahalarda sıcaklıklar 30 °C (Ankara-Ayaş) ile 232 °C (Aydın-Germencik) arasında değişmektedir. Türkiye'de önemli jeotermal alan veya jeotermal alan özelliklerinin olabileceği sahalara şunlardır: Denizli-Pamukkale, Kızıldere, Yenice, Buldan, Sarayköy, Tekke hamamı, Çürük su havzası, Aydın-Germencik, Gediz havzası (özellikle Sarıgöl-Turgutlu arası), Çanakkale-Tuzla, İzmir-Şereflihisar, Balçova, Dikili, Afyon-Akarçay havzası, Afyon-Göcek, Sandıklı, Nevşehir- Acıgöl, Kozaklı, Ankara-Kızılcahamam, Ayaş, Haymana, Balıkesir-Sındırgı, Gönen, Bolu-Seben, Kütahya-Gediz, Eskişehir, Bursa, Bitlik, Muş, Nemrut, Van-Erciş, Zilan, Erzurum-Ilıca, Pasinler, Ağrı-Eleşkirt yöreleri. Özellikle enerji üretimine uygun yüksek sıcaklıklı sahalara Batı bölgelerinde, düşük ve orta sıcaklıklı sahalara ise Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca kuzeyde yer almaktadır (DPT Raporu, 1997).

Türkiye de elektrik üretimine uygun ilk jeotermal alan 1968'de Kızıldere-Denizli sahasında keşfedilmiştir. Bu saha önemli jeotermal enerji potansiyeline sahip olup, Batı Anadolu'daki Büyük Menderes grabeninin doğu kısmında yer almaktadır. T.E.K. tarafından Denizli-Kızıltepe'de yaptırılan ve şubat 1984'de devreye giren 20.4 MW gücündeki pilot santral Türkiye'deki ticari jeotermal santral olmuştur. Sahada elektrik üretimi yanında buhar içindeki yoğunlaşma olmayan gazlardan kuru buz üretimi amacıyla 40000 ton/yıl kapasiteli bir tesis 1986 yılında kurulmuş ve ticari üretime başlamıştır.

4 DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ

Doğu Karadeniz bölgesi jeotermal kaynaklar açısından diğer bölgelerle kıyaslandığında sınırlı sayıda kaynağa sahiptir. Devlet planlama teşkilatının yayınladığı raporlara göre Rize'nin Ayder ve Ordu'nun Fatsa ilçelerinde jeotermal çıkışlara rastlanmıştır. Bu alanlardan Rize- Ayder sahası il özel idaresi tarafından kaplıca haline getirilmiş olup turistlerin ilgisini çeken doğal güzelliklere sahiptir. Ayrıca Rize-İkizdere'de bir jeotermal kaynak bulunmuş olup henüz tesis haline getirilmemiştir. Özel bir şirket tarafından çalışmalar sürdürülmektedir. Ordu'nun Fatsa ilçesinde ise küçük kaplıca uygulaması yapılmaktadır.

4.1 Rize-Ayder Jeotermal Sahası

Rize Çamlıhemşin ilçesine bağlı Ayder yaylasında bulunmaktadır. Doğal çıkış sıcaklığı 47°C ve çıkış hızı 0,6 l/sn'dir. Kuyudan 55°C'de 15 l/sn hızla su

çekilmektedir. Bu kaynak termalizm ve termal ısıtma amaçlı kullanılmaktadır (DPT Rap., 95-98).

4.2 Ordu-Fatsa Jeotermal Sahası

Ordu'nun Fatsa ilçesinde bulunan bu kaynağın doğal çıkış sıcaklığı 47°C ve çıkış hızı 2,5 l/sn'dir. Haziran 1991 itibariyle mevcut değerlendirilmesi basit kaplıca uygulaması şeklinde yapılmaktadır. Saha geliştirilirse termalizm amaçlı kullanılabilir (DPT Raporu, 95-98).

4.2 Rize-İkizdere Jeotermal Sahası

Rize'ye bağlı İkizdere ilçesinde yakın bir zamanda yapılan araştırmalar sonucunda bir jeotermal çıkışa rastlanmıştır. Bu sahada çalışmalar özel bir şirket tarafından sürdürülmekte olup, çalışmalar bittikten sonra işletilmeye geçilmesi beklenmektedir (Kişisel görüşme, 2006).

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeotermal enerji diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında; işletilmesi kolay, çevre dostu ve uzun ömürlü bir kaynaktır. Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları açısından Dünya'da 7. sıradadır. Yüze sıcaklığı 40°C'nin üzerinde 140 civarında kaynak mevcuttur. Denizli-Kızıldere jeotermal sahasında Türkiye'nin tek jeotermal güç santrali bulunmaktadır. Rezervler, Türkiye'nin Dünya bazında sıralaması göz önüne alınırsa doğru yatırımlarla kömüre alternatif bir kaynak haline getirilebilir. Jeotermal kaynaklar bölgesel olarak göze çarpar. Bunun yurt geneline yayılabilmesi için araştırmaların artırılması gerekmektedir. Doğu Karadeniz bölgesindeki mevcut kaynakların değerlendirilmesi durumunda bölge halkının termalizm ihtiyaçları karşılanabilir. Doğu Karadeniz bölgesinde bulunan kaynaklar: Rize ilinin Ayder yöresinde kurulu bir tesis bulunmakla beraber kaplıca amaçlı kullanılmaktadır. Rize-İkizdere'de bir kaynak bulunmuş olup çalışmalar devam etmektedir. Ordu-Fatsa'da ise küçük kaplıca uygulaması yapılan bir kaynak bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Madencilik özel ihtisas komisyonu, endüstriyel hammaddeler alt komisyonu jeotermal enerji çalışma grubu, Mayıs, 1996.
- DPT, ulusal çevre ve eylem planı, su kaynaklarının yönetimi, Ağustos, 1997.
- <http://www.youthforhab.org>.
- <http://www.angelfire.com>.
- DPT, 7. Beş yıllık kalkınma planı, 95-98.
- Kişisel görüşme, Rize belediyesi, Rize, 2006.

Doğal Taşın Önemi ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki Mevcut Durum

İ. Çavuşoğlu & A.O. Yılmaz

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Böl., Trabzon

R. Varlık, İ. Özkan & M. Çebi

MTA Bölge Müdürlüğü, Trabzon

ÖZET: Gelişmiş ülkeler, doğal kaynaklarını en etkin şekilde kullandıklarından dolayı bugünkü mevcut ekonomik güçlerine sahip olmaktadır. Bazı gelişmiş ülkelerdeki madencilik sektörünün Gayri Safi Milli Hasıla içindeki payları, ABD'de %4,2, Almanya'da %4, Kanada'da %7,5 ve Avustralya'da %8,7 iken ülkemizde %1,1 seviyesindedir. Bu durum madencilik sektörümüzün olması gereken düzeyin hayli gerisinde olduğunu göstermektedir. Son yıllarda madencilik sektörümüzde doğal taşın payı giderek artmaktadır. Son 15 yılda doğal taş sektöründe yatırım, üretim ve ihracat açısından ulaşılan büyüme hızının yıllık ortalama %13,6 ile dünya ortalamasının iki katına ulaştığını görmekteyiz. 2003 yılında 6 milyon tonluk bir üretim ile Türkiye, dünya doğal taş üretiminin %8'ini karşılar konuma gelmiştir. Doğu Karadeniz bölgesi başta granit olmak üzere önemli ölçüde doğal taş rezervine sahiptir. Bilinen doğal taş sahalarının toplam rezervi 435 milyon ton seviyesindedir. Bu çalışmada, MTA tarafından Doğu Karadeniz Bölgesinde tespit edilen doğal taş rezervi hakkında detaylı bilgi ve bölgede işletme ile ilgili karşılaşılan problemler de ele alınmıştır.

ABSTRACT: The usage of the natural resources in an effective way has played a great role in the current economic status far the developed countries. In advanced countries, the share of the mining sector in GNP is 4.2% in the USA, 4% in Germany, 7.5% in Canada and 8.7% in Australia but this situation is 1.1% in our country. From this data, it can be concluded that the share of the mining sector in our country is below the advanced countries level. The share of natural stones is recent gradually getting higher in Turkey's mining sector. The 13.6% rate of growth in the past 15 years in the sector's investment, production and export is double the world average. Turkey, with 6 million tonnes production in 2003, had 8% of share of natural stones production in the world. Eastern Black Sea has a rich potential in terms of a variety of mines, but mainly metallic mines. In this study, detailed information concerning the existing and potential marble deposits founded by MTA in the Eastern Black Sea Region is provided, problems hindering the operation of the marble deposits and the significance of the marble mining in the development of the Region is underlined.

1 GİRİŞ

Eski çağlardan beri insanlar yaşadıkları yerleri genellikle doğal taşlardan yapmaya özen göstermişlerdir. Zamanla, yaşam seviyeleri yükselen toplumların, güzel görünüşlü ve dayanıklı olması nedeniyle doğal taşları tercih etmeleri, bu ürünü zenginliğin ve refahın sembolü haline getirmiştir. Gelişen endüstri ve teknolojiye paralel olarak doğal taşların kullanımının artması bunu göstermektedir (Yılmaz, ve Safel, 2004).

Mermer ve mermer olarak kullanılan kayaçların insan hayatına girmesi de binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Mermer dayanımı, zarafeti ve potansiyel zenginliği ile asırlardan beri insanlığın vazgeçilmez sanat kollarından birini ve yapı elemanlarını oluşturmuştur. Hititler, Eski Mısırlılar, Frigyalılar, Mezopotamya Medeniyeti, Persler,

Lidyalılar, Romalılar, Eski Yunanlılar, Selçuklular, Osmanlılar ve diğer birçok medeniyet çağlarına ışık tutan ve günümüze kadar gelen sanat ve yapılarında mermer kullanmışlardır (Karaca, 2001).

Ülkemizde mermerin tarihçesi oldukça eskiye dayanmaktadır. Efes kazılarında M.S. 2.yüzyılda doğal taş tarihinde blok kesiminde kullanılan ilk lamalı katrik bulunmuştur. Yine Selçuk (İzmir) yakınlarında antik ocaklarda tel kesmenin ilk örneğinin izine rastlanılmıştır. Bu bulgular bize Türkiye topraklarında yaklaşık olarak 2000 yıldır doğal taş işleme teknolojisinin dolayısıyla mermerciliğin varlığını ispatlamaktadır (Çetin, 2003).

Dünyanın en zengin ve kaliteli mermer yataklarının büyük bir kısmı Türkiye'nin de içinde yer aldığı Alp kuşağı içindeki Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır. Özellikle ülkemizde mermer ve diğer yapı taşı çeşitleri hemen her bölgede bol bulunan

yeraltı zenginliklerimizdendir. Bu yatakların büyük bir bölümü blok ve kesime elverişli mermer verebilecek durumdadır. Bunun yanında halen fizibilitesi yapılmamış ve rezervi milyonlarca ton olan yatakların mevcudiyeti de bilinmektedir.

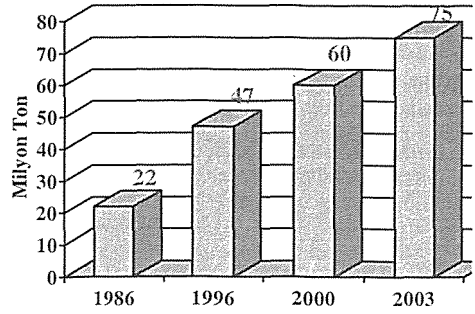
Ülkemizdeki doğal taş işletmeciliğinin önemini toplam maden ihracatı içindeki payına bakarak anlamak mümkündür. Bugün ülkemizde yapılan toplam maden ihracatının %60'ını mermer, doğal taş ve teknolojileri karşılamaktadır. Dünya doğal taş rezervine baktığımızda ise en zengin mermer yataklarının bulunduğu Alp kuşağında yer alan Türkiye 5,1 milyar m³ (13,9 milyar ton) mermer rezervi ile Dünya'daki 15 milyar m³ lük rezervin %33'lük bir bölümüne sahiptir.

Mermer en çok inşaat sektöründe kullanıldığından, bu sektördeki gelişmeler mermer talebi artırmıştır. Son on yıl içinde sürekli gelişme gösteren mermer talebi ülkemizin Marmara, Ege ve Akdeniz bölgesinde yer alan turistik yatırımlardan kaynaklanmaktadır.

2000 yıl önce Marmara adasında başlayan antik mermer işlemeciliğinden dolayı adını Marmara adasından alan mermer, son yıllarda gerçekleştirdiği hızlı gelişmeye paralel olarak sağladığı istihdam, yarattığı katma değer ve kazandırdığı yüz milyonlarca dolarlık ihracat geliriyle madencilik sektörünün lokomotifini olmuştur (Yılmaz ve Safel, 2004).

1.1 Dünyada Doğaltaş Üretimi ve Rezervi

Dünya doğaltaş sektörü üretiminde, oransal olarak Türkiye'nin gerisinde kalmakla birlikte, önemli artışlar olmuştur. 2003 yılı üretimi 75 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi Dünya Doğaltaş Üretim Potansiyeli 15 yıl içinde büyük bir artış göstererek 1986 yılında 22 Milyon ton iken 2003 yılı itibariyle 75 milyon tona yükselerek tam 3,5 kat büyümüştür.



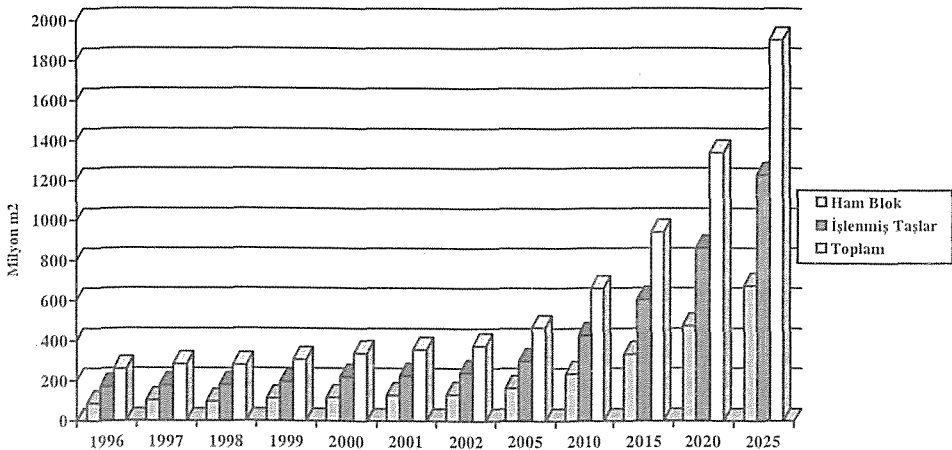
Şekil 1. Yıllara Göre Dünya Doğaltaş Üretimi.

Dünya doğal taş üretiminde Asya'da Çin'in, Avrupa'da Türkiye'nin ağırlığı göze çarpmaktadır. Ayrıca Asya'da Hindistan ve İran da önemli üretim potansiyeli olan ülkelerdir. Avrupa'da ise İtalya, İspanya ve Portekiz doğal taş üretimi ve ticaretinde söz sahibidir.

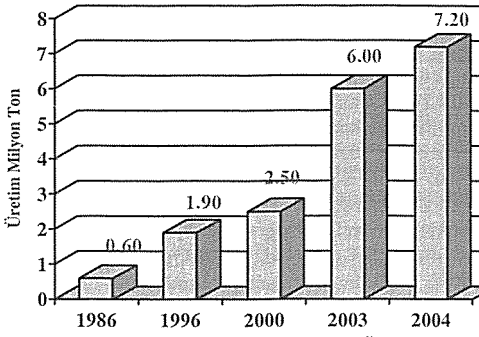
Şekil 2'de görüldüğü gibi Dünya Doğaltaş Sektörünün yıllara göre değişimi gözlemlendiğinde bu değişimin miktar bazında bir artış göstererek 2025 yılı itibariyle 30 yıl içinde yaklaşık 8 kat artış göstereceği tahmin edilmektedir.

1.2 Türkiye'de Doğaltaş Üretimi ve Rezervi

Dünyadaki tüm mermer rezervlerinin %33'ünün (bazı kaynaklara göre %40'ının) Türkiye'de olduğu tahmin edilmektedir. Toplam rezervi 13,9 milyar ton (yaklaşık 5,1 milyar m³) olan Türkiye'nin, 1,6 milyar ton civarındaki görünür rezervi, bugünkü temposuyla, dünya tüketimini 80 yıl karşılayabilecek düzeydedir.



Şekil 2. Dünya Doğaltaş Sektörünün Yıllara Göre Gelişimi ve Gelecek Tahminleri.



Şekil 3. Türkiye'nin Yıllara Göre Doğaltaş Üretimi. (2004 yılı tahmini değer).

Alp Dağları kuşağındaki Akdeniz ülkelerinden biri olarak Türkiye'de çeşitli renk ve desenlerde kristalin kalker (mermer), kalker, traverten oluşumlu kalker (oniks), konglomera, breş ve magmatik kökenli kayalar (granit, siyenit, diyabaz, diyorit, serpantin vb.) bulunmaktadır. Marmara ve Ege Bölgeleri başta olmak üzere, Trakya'dan Doğu Anadolu'ya kadar hemen tüm coğrafi bölgelerimizde, dünya pazarlarında beğeni kazanabilecek nitelikte doğal taş rezervlerine rastlanmaktadır.

Türkiye Doğaltaş Sektörü 1986-2003 aralığındaki 15 yılda, özellikle de son 5 yılı, olağanüstü diye nitelendirilebilecek başarılı bir grafik çizmiştir. Üretim ve dış satım değerlerindeki artış ivmesi yabancıların da dikkatini çekmiş ve ancak Çin'de son üç senede görülen oransal artışla karşılaştırılabilir olmuştur (Yüzer ve Mutlu, 2006).

1.3 Türkiye'de Doğaltaş Üretiminin Maden İhracatı ve Toplam İhracatımızdaki Yeri

Gelişmiş ülkelerin bugünkü mevcut ekonomik güçlerine sahip olmalarında, doğal kaynaklarını etkin şekilde kullanmaları büyük rol oynamaktadır. Nitekim doğal kaynaklarından yeterince yararlanmayan toplumlar bugün geri kalmış veya gelişmekte olan ülkeler gibi sıfatlarla tanımlanmaktadır. Öte yandan, uluslararası pazarlarda yaşanan zorlu rekabet koşullarında, kalkınma modellerini özellikle öz kaynaklarına dayandıran ülkelerin daha başarılı oldukları bilinmektedir (Nasuf, 2003).

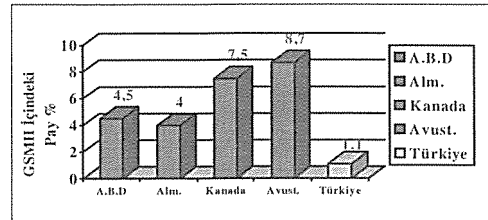
Jeolojik yapının bir sonucu olarak ülkemiz önemli sayıda maden çeşitliliğine sahip ve maden kaynakları yönünden zengin bir ülkedir. Son yirmi yılda yeterli arama yapılmamasına karşın bor, mermer, toryum, trona, zeolit, pomza, selestit gibi madenlerde ülkemiz önemli rezervlere sahiptir. Ayrıca krom, manyezit, feldspat, barit, kil, kömür, altun ve gümüş rezervleri yönünden de dünya

sıralamasında yer almaktadır. Türkiye, Dünyada madencilikte adı geçen 132 ülke arasında yapılmış bir çalışmada toplam maden üretimi itibarı ile 28'inci, üretilen maden çeşitliliği açısından da 10'uncu sırada yer almıştır. Dünyada metal maden rezervlerinin %0,4'ü, endüstriyel hammadde rezervlerinin %2,5'i, jeotermal potansiyelin ise % 0,8'i ülkemizdedir (TİM, 2003).

Ülkelerin madencilik sektörü değerlendirilirken GSMH'daki payı önem arz etmektedir. Öz kaynaklarını çok iyi değerlendiren ülkelerde madencilik sektörünün GSMH'daki payı da dikkate değer seviyeye ulaşmaktadır. Bu oran bazı gelişmiş ülkelerde %4-8 seviyesinde, gelişmekte yada geri kalmış ülkelerde ise %2'nin altında seyretmektedir.

Gelişmiş ülkeler incelendiğinde, madencilik sektörünün GSMH içindeki payı ABD'de % 4,2, Almanya'da % 4, Kanada'da % 7,5 ve Avustralya'da % 8,7 düzeyindedir. Bu verilerden, ülkemizde madencilik sektörünün GSMH içindeki payının gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında, olması gereken düzeyin altında kaldığı sonucuna varılmaktadır. Madencilik ekonomiyeye katkısı % 2'nin üzerine çıkamamaktadır (Şekil 4).

Tablo 1'den de görüldüğü gibi 2003 yılında madencilik üretiminin GSMH'ya oranı %1,1 olmuştur. Gelişmiş ülkelerde GSMH içinde madencilik payı % 4, dünya ortalaması ise % 2 civarındadır. Hedef olarak dünya ortalaması seçilirse üretimin iki katına çıkarılması gerekmektedir. Bu da yaklaşık 4 milyar \$'lık maden üretimine tekabül etmektedir.



Şekil 4. Gelişmiş Ülkelerin Madencilik Sektörünün GSMH İçindeki Payı ile Türkiye Madencilik Sektörünün GSMH İçindeki Oranının Karşılaştırılması.

Bugün Türk madencilik sektöründe 53 farklı maden ve mineralin üretimi yapılmaktadır. Madencilik sektörünün ülkemiz gayri safi milli hasıla içerisindeki payı, 2,6 milyar ABD \$ düzeyindedir. Bu da gayri safi milli hasılanın yaklaşık %2'sine tekabül etmektedir. Türkiye'de madencilik %85'i kamu sektörü, %15'i özel sektör tarafından yapılmaktadır. Üretimde kamu sektörü mineral yakıtlar ve metalik cevher üretiminde ağırlıklı iken özel sektör endüstriyel ham madde üretiminde yoğunlaşmıştır.

Tablo 1. Madencilik ve Taş Ocakçılığı Sektöründeki Katma Değer (Yılmaz ve Safel, 2004).

Yıllar	Yaratılan katma değer (Milyar TL.)	GSMH payı (%)	Gelişme Hızı (%)
2000	1.422.903	1,1	60,9
2001	2.128.387	1,2	42,9
2002	2.914.078	1,1	55,0
2003	3.858.087	1,1	29,7

Tablo 2'deki ihracat değerlerine bakıldığında 1998'de yaklaşık 27 milyar \$ olan ihracatımız 2004 yılına 2,3 kat artarak yaklaşık 63 milyar \$'a çıkmıştır. Buna istinaden maden ihracatımızda 1998 yılında 531,6 milyon \$'dan 2004 yılına yaklaşık 2,3 kat artarak 1,2 milyar \$'a yükselmiştir. Buradaki artış hızı hemen hemen aynıdır. Fakat doğaltaş ihracatımızdaki artış ise 1998 yılından 2004'e yaklaşık 5 kat oranında gerçekleşmiştir. 1998 yılında 128,5 milyon \$ olan doğaltaş ihracatı 2004 yılında 5 kat artarak 626 milyon \$ olmuştur.

Ayrıca toplam maden ihracatımızdaki doğaltaşların almış olduğu paya bakacak olursak 1998 yılında ihracatın yaklaşık %24'ünü doğaltaş ürünleri oluşturmakta ve 2004 yılına gelindiğinde bu pay %50'lere çıkmakta olduğunu görmekteyiz. Doğaltaş ve mermer ürünlerinin ülke ekonomisi için ne derece önemli olduğu bu verilerden çok iyi anlaşılmaktadır.

Tablo 2. 1998-2004 Yılları Arası Türkiye Toplam İhracatı, Maden İhracatı ve Doğaltaş İhracatı Rakamsal Değerleri (Url 1).

Yıl	Türkiye Toplam İhracatı (Milyon \$)	Maden İhracatı (Milyon \$)	Doğaltaş İhracatı (Milyon \$)	Maden İhr. Toplam İhr. Payı (%)	Maden İhr. Doğaltaşın Payı (%)
1998	26.973	531,6	128,5	1,97	24,17
1999	26.587	577,3	150,6	2,17	26,09
2000	27.774	568,9	188,7	2,05	33,17
2001	31.334	574,0	223,5	1,83	38,94
2002	35.080	684,6	302,6	1,95	44,20
2003	46.887	847,3	431,0	1,81	50,87
2004	62.770	1.207,8	626,1	1,92	51,84

Ülkemiz doğaltaşlar sektörü madencilik sektörünün uluslararası mukayeseli üstünlüğe sahip ihraç ürünleri arasında ön sıralarda bulunmaktadır. Özellikle son dönemlerde büyük firmaların yapmış oldukları yatırımlarla birlikte, entegre üretim yapan tesislerin de devreye girmesiyle, işlenmiş mermer üretiminde büyük artış kaydedilmiştir. Uygulanmaya başlanan modern ocak üretim yöntemleri ve son teknikler sayesinde Türkiye, doğaltaş üretiminde önde gelen üretici ülkelerden biri konumuna gelmiştir.

Türk doğaltaşlar sektörü özellikle bulunduğu coğrafi konumun da katkısıyla, kıtalararası bir köprü vazifesi görmekte ve dünya piyasasında gelecek yıllarda önemli bir aktör olma yolunda emin adımlarla ilerlemektedir.

2. DOĞU KARADENİZ MADEN POTANSİYELİ

Doğu Karadeniz Bölgesi başta metal madenler olmak üzere birçok maden açısından oldukça zengin potansiyele sahiptir. Bölgede madencilik faaliyetleri M.Ö. 3000 yıllara kadar uzanmaktadır.

Bölgenin maden potansiyeline kabaca bakarsak ortaya çıkan durum şu şekildedir: bakır-kurşun-çinko yatakları toplam rezervi 700 milyon ton, demir rezervleri 10 milyon ton, manganez rezervi 260.000 ton, altın rezervi 36 ton, gümüş rezervi 1,4 milyon ton'dur. Bütün bu metalik maden yataklarının yanında Bölge endüstriyel hammaddeler açısından da önemli potansiyele sahiptir. Bölgede 1,4 milyon ton kaolen, 4,5 milyon ton illit, 7,9 milyon ton bentonit, 22.000 ton florit, 250.000 ton barit, 7,8 milyon ton alümit, 1200 ton grafit 315.000 ton kükürt, 1,7 milyon ton feldspat, 2 milyon ton kuvarsit ve 137 milyon ton kil rezervi mevcuttur (Korkmaz, 1996).

Tablo 3. Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Potansiyeli.

Maden	Miktar (ton)
Bakır-Kurşun-Çinko	700 Milyon
Demir	10 Milyon
Manganez	260.000
Altın	36
Gümüş	1.4 Milyon
Kaolen	1.4 Milyon
Illit	4.5 Milyon
Bentonit	7.9 Milyon
Florit	22.000
Barit	250.000
Alümit	7.8 Milyon
Grafit	1200
Kükürt	315.000
Feldspat	1.7 Milyon
Kuvarsit	2 Milyon
Kil	137 Milyon

2.1 Doğu Karadeniz Bölgesi Doğaltaş Potansiyeli

Bölge başta granit olmak üzere önemli ölçüde doğaltaş rezervine sahiptir. Bilinen doğaltaş sahalarının toplam rezervi (mümkün+görünür+muhtemel) yaklaşık 435 milyon ton seviyesindedir. Bu rezervin değeri milyar dolarla ifade edilmektedir (Yılmaz, 2003). Görüldüğü gibi bölgede ki doğaltaş yataklarının çoğu serttaşlardan oluşmaktadır ve işletilmesi hem bölgedeki arazi yapısı hemde günümüz teknolojik şartlarında oldukça zor ve ekonomik olmamaktadır. Ancak mermer yataklarının ve diğer doğal yapıtaşlarının yeni teknolojik ilerlemeler sayesinde üretime geçirilmesi bölgeye çok ciddi bir ekonomik

kalkınma hızı katacaktır. Rezerv değerlerinin ciddi aramalarla artma ihtimali de çok fazladır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan doğaltaş yatakları ile ilgili toplu bilgiler tablolarda (Tablo 4-5-6-7-8) gösterilmiştir. Tabloda mermer yatağının adı, jeolojisi ve geometri-rezerv ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Ayrıca bölgede bulunan doğaltaşlara ait potansiyel durum ve illerin potansiyelini gösteren şekiller mevcuttur (Şekil 5 ve Şekil 6).

2.2 İllere Göre Doğaltaş Potansiyeli

Rize ilinde yaklaşık 6 adet granit ve 1 adet gabro olmak üzere toplam 7 adet doğal taş yatağı mevcut bulunmaktadır. Genel olarak kayaç yapıları çok çatlaklı ve kırıklıdır. Bu yataklardan 3 tanesi özel sektöre ruhsatlı olup işletilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Rize ilinde bulunan muhtemel rezervin büyüklüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Toplam muhtemel rezerv; 32.100.000 m³
Hata payı ±%40' a göre; 19.260.000 – 44.940.000 m³

Trabzon ilinde 1 adet granit ve 1 adet gabro olmak üzere toplam 2 adet doğal taş yatağı mevcut bulunmaktadır. Granitler yer yer çatlaklı ve kırıklıdır. Bu yataklardan 1 tanesi özel sektöre ruhsatlı olup işletilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Trabzon ilinde bulunan muhtemel rezervin büyüklüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Toplam muhtemel rezerv; 24.625.000 m³
Hata payı ±%40' a göre; 14.775.000 – 34.475.000 m³

Giresun ilinde 1 tanesi mermer-granit olmak üzere 4 adet doğal taş yatağı mevcut bulunmaktadır. Genel olarak blok verebilen kısımların kayaç yapıları az çatlaklıdır. Bu durum mevcut yatakların işletilebilmesi açısından çok olumludur. Bu yatakların hepsi özel sektöre ruhsatlı olup işletilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Giresun ilinde bulunan muhtemel rezervin büyüklüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Toplam muhtemel rezerv; 115.965.000 m³
Hata payı ±%40' a göre; 69.579.000 – 162.351.000 m³

Ordu ilinde mevcut bulunan 6 doğal taş yatağından hemen hemen hepsi blok verme özelliğine sahip ve işletilebilirliği yüksektir. Genel olarak kayaç birimleri az çatlaklı olup çeşitli renklerde ve desenlerde görünümleri vardır. Bu özel durum onların albenisini arttırmaktadır. Yatakların hemen hepsi özel sektöre ruhsatlı olup işletilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Ordu ilinde bulunan muhtemel rezervin büyüklüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Toplam muhtemel rezerv; 64.025.000 m³
Hata payı ±%40' a göre; 38.415.000 – 89.635.000 m³

Gümüşhane ilinde mevcut bulunan 2 doğal taş yatağından 1 tanesi traverten diğeri ise kireçtaşı sahasıdır. Traverten sahasındaki kayaçların genelde sert olduğu ancak bazı kısımlarının gevşek ve bozunmuş olduğu bilinmektedir. Sert kısımları doğaltaş yönünden değerlendirilebilir niteliktedir. Her ki yatakta özel sektöre ruhsatlıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda Gümüşhane ilinde bulunan muhtemel rezervin büyüklüğü aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

Toplam muhtemel rezerv; 9.300.000 m³
Hata payı ±%40' a göre; 5.580.000 – 13.020.000 m³

Burada tablolardan ve şekillerden aşağıdaki sonuçları elde etmek mümkündür (Yılmaz, 2003);

- D. Karadeniz Bölgesinde belirlenen sahalardan 15 adet intrüzif (granit ve sert yapı taşı), 1 adet kireçtaşı, 2 adet traverten, 1 adet kristallı mermer, 2 adet yapı taşı olarak kireçtaşıdır.
- Bu sahalardan tespit edilen toplam muhtemel rezervi 246 milyon m³'tür. Rezervin %88,32 gibi önemli bölümünü granit, %7,8'ini kireçtaşı, %3,86'sını traverten ve çok az (%0,02) kısmını da metamorfik yataklar oluşturmaktadır.
- Rezervin illere göre dağılımı şöyledir: Rize 32 milyon m³ (%13), Trabzon 15 milyon m³ (%6), Bayburt 8 milyon m³ (%4), Giresun 115 milyon m³ (%47), Ordu 64 milyon m³ (%26) ve Gümüşhane 9 milyon m³ (%4) (Şekil 5).



Şekil 5. Doğu Karadeniz Bölgesi doğaltaş potansiyelinin iller bazında dağılımı.

2.3 İşletmecilik Sorunları

Doğaltaş madenciliği açısından yaşanan ortak sorunların yanında bölge özelinde yaşanan sorunları şöyle sıralamak mümkündür (Yılmaz, 2003);

- Granit madenciliğinde mermerdeki renk ve desen homojenitesini bozan "anklavlar" mermerin değerinin düşmesinde önemli rol oynamaktadır (Şekil 6a)
- Bölgenin son derece dik ve engebeli olması altyapının (yol, su, elektrik, vb) ulaştırılmasında ve işletme şartlarının yerine getirilmesinde olağanüstü zorluklar doğurmaktadır bu ise üretim

maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle stok sahası bulunamaması karayolu kenarlarının bu amaç için kullanılmasına neden olmaktadır.(Şekil 6a, b)



Şekil 6. Mermerlerde bulunan "anklav"lar (a), karayolu boyunca stoklanmış mermer blokları (b) çok yüksek ve dik granit yatakları (c) (Uçaroğlu, 2000).

- Yörede yakın bir granit işleme fabrikasının olmaması maliyetlerin artmasına neden olmaktadır.

- Bunun yanında pazar sorunu, kimi bölgelerde örtü kazı oranının yüksek olması, ürünün çok çatlaklı ve buna bağlı olarak firelerin yüksek olması, rezervlerin yetersiz olması gibi sorunlarda yaşanmaktadır. Anılan sorunlar bölgede özellikle granit madenciliği açısından istikrarlı bir işletmecilik kültürünün oluşmasına engel olmuş, bölgede üretim yapmak için girişimde bulunan işletmeler yukarıda anılan sorunlar ve diğer nedenlerden mermer ocaklarının bir kısmını terk etmişlerdir.

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

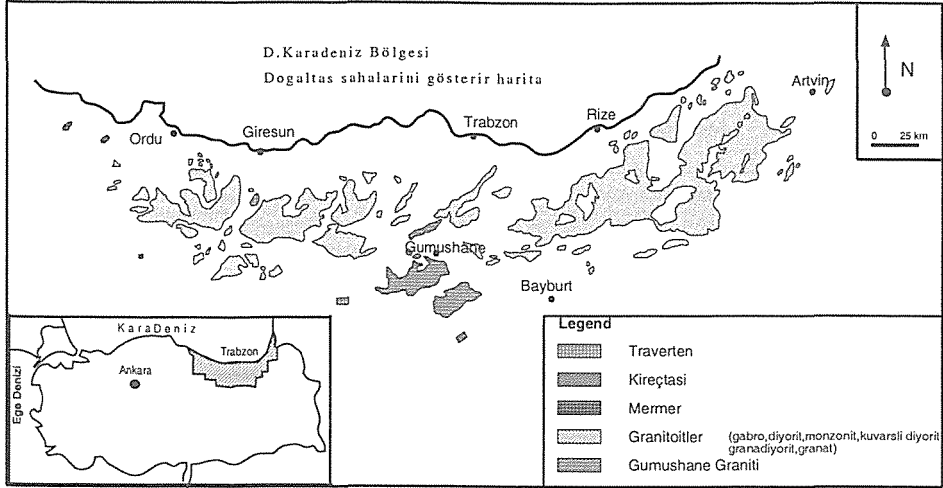
Son yıllarda dünya ölçeğinde, doğaltaş ve doğaltaş ürünlerine olan talep ciddi şekilde bir artış kaydetmiştir. 1986 yılından 2003 yılına geldiğinde sektördeki üretim yaklaşık 3,5 kat artarak 75 milyon seviyesine çıkmıştır.

Dünyada doğaltaş üretiminde öne çıkan ülkeler arasında Asya'da Çin ve Avrupa'da ise Türkiye göze çarpmaktadır. Dünya doğaltaş üretiminin %8'i Türkiye tarafından karşılanmaktadır.

Ülkemiz en zengin doğaltaş rezervlerinin bulunduğu Alp kuşağında yer almakla birlikte, bilinen dünya rezervlerinin %33'lük bir payına sahiptir. Ancak ülkemiz bu veriler ışığında uluslararası piyasalarda henüz istediği yere gelememiştir. Üretimde kalitenin artırılmasıyla ve daha cazip ve getirisi fazla olan işlenmiş ürün üretimine ağırlık verilmesi durumunda ülkemizin dünya doğaltaş piyasasında söz sahibi ülke konumuna gelmesi olasıdır.

Ülkemiz madenciliğinin GSMH'daki payı da gelişmiş ülkelere kıyasla çok geride kalmıştır. Ülkemizdeki madenciliğin GSMH'daki payı %1'in biraz üstünde seyretmektedir. Bu payın %50 gibi büyük bir kısmını ise doğaltaş ve doğaltaş ürünleri oluşturmaktadır. Madencilik sektörümüzün GSMH'daki payının artırılması için madencilik sektöründeki üretimin artırılması, yeni yatırımlar yapılması, kaliteli ve ürün çeşitliliği sağlanması, yeni sahaların araştırılması ve madencilikteki ağır bürokrasinin en aza indirilmesi gibi pek çok düzenlemenin yapılması gerekmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesinin ülkemiz doğaltaş üretimindeki payı oldukça azdır. Gerek arazi yapısının zorluğu, gerekse mevcut rezervlerin blok veriminin düşük olması sebebiyle doğaltaş üretiminde istenilen seviyeye gilememiştir. Ancak çoğu serttaş olmak üzere yaklaşık rezervin büyüklüğü 435 milyon ton gibi ciddi bir miktardadır. Bölgenin kalkınması, zengin maden potansiyelinin üretime dönüştürülmesinden geçmektedir. Son yıllarda madencilik sektöründe hızlı bir yükselme gösteren doğaltaşın bölgenin kalkınmasındaki rolü önem taşımaktadır.



Şekil 6. Doğu Karadeniz Bölgesinin Doğaltaş Rezerv Haritası (MTA).

Tablo 4. Rize İlinde Tespit Edilen Doğaltaş Yatakları İle İlgili Toplu Bilgiler.

No	Adı	Jeoloji	Geometri-Rezerv
1	Rize-Ardeşen (Pirinçlik mevki- Başmahalle) Gabro Sahası	Sahanın en yaşlı birimi Andezit-Bazalt lav ve piroklastlardır. Rengi ayrışma nedeni ile gri-siyah, açık gri, yeşilimsi gri gibi çeşitli renklerde izlenmektedir. Birimler çok çatlaklı bir yapı göstermekte olup, yaşları Üst Kretasedir.	Sahanın alanı: 0.197 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 4.925.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.rezerv:2.955.000-6.895.000 m ³
2	Rize-İkizdere (Cimildere Perçinlik Tepe) Granit Sahası	Sahadaki kayaç birimi granittir. Sahasındaki granitler az kırıklı yapı göstermektedir. Renkleri pembemsi ve gri beyazdır. Kristal yapısı orta tanelidir. Birimlerin yaşları Kretase-Tersiyerdir.	Sahanın alanı: 0.1 km ² Kalınlık: 20 m Muhtemel rezerv: 2.000.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh. Rezerv: 1.200.000-2.800.000 m ³
3	Rize İkizdere (Gündoğdu Köyü) Granit Sahası	Kayaç birimi granittir. Yapısal olarak çok kırıklı ve çatlaklıdır. Renkleri gri beyaz ve hafif pembemsi. Kristal tane yapıları orta büyüklüktedir. Hakim çatlak doğrultusu bir yönde olup, Doğu-Batı istikametindedir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyer'dir.	Sahanın alanı: 0.12 km ² (2 mostra) Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 3.000.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh. Rezerv: 1.800.000-4.200.000 m ³
4	Rize-İkizdere- Cimildere-Keçikaya Granit Sahası	Sahadaki kayaç birimi granittir. Çatlaklı ve kırıklı kesimlerin yanında, az kırıklı ve çatlaklı kesimleri de izlenmektedir. Bu az kırıklı kesimler doğaltaş yönünden önem arz etmektedir. Renkleri pembemsi ve gri-beyazdır. Alterasyon izlenmemekte, kristal tane yapıları orta büyüklükte-dir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyerdir	1-2 m ³ blok verebilen bölge Alan : 0.232 km ² Muhtemel rezerv: 5.800.000 m ³ %40 hata ile 3.480.000-8.120.000 m ³ 2-3 m ³ blok verebilen bölge Alan : 0.18 km ² Muhtemel rezerv: 4.500.000 m ³ %40 hata ile 2.700.000-6.300.000 m ³
5	Rize İkizdere- Memişoğlu Köyü Granit Sahası	Sahadaki kayaç birimi granittir. Çatlaklı ve kırıklı kesimlerin yanında az çatlaklı kesimlerde vardır. Bu az çatlaklı kesimler doğaltaş yönünden önemlidir. Renkleri pembemsi ve gri beyazdır. Olumlu bölgelerde alterasyon mevcut değildir. Kristal tane yapıları orta büyüklüktedir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyerdir	1-4 m ³ blok verebilen bölge Alan : 0.1 km ² Muhtemel rezerv: 2.500.000 m ³ %40 hata ile 1.500.000-3.500.000 m ³ 4-6 m ³ blok verebilen bölge Alan : 0.16 km ² Muhtemel rezerv: 4.000.000 m ³ %40 hata ile 2.400.000-5.600.000 m ³
6	Rize İkizdere Saçaklı Mah. Granit Sahası	Kayaç birimi granittir. Granitlerin çatlaklı ve kırıklı kesimleri yanında az çatlaklı kesimleri de vardır. Bölgenin alt kesimlerinin kristal tane yapısı ince taneli porfirik dokulu, üst kesimleri ince taneli kalkalkalen granittir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyerdir	Sahanın alanı: 0.9 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 2.250.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 1.350.000-3.150.000 m ³
7	Rize İkizdere- Dereköy Granit Sahası	Kayaç birimi granittir. Doğaltaş yönünden olumlu görülen mostralara az çatlaklıdır. Kristal tane yapısı iridir. Renkleri gri-beyazdır. İri ortoz kristalleri kayaca pembemsi görünüm verir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyerdir	Sahanın alanı: 0.125 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 3.125.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 1.875.000-4.375.000 m ³

Tablo 5. Trabzon İlinde Tespit Edilen Doğaltaş Yatakları İle İlgili Toplu Bilgiler

No	Adı	Jeoloji	Geometri-Rezerv
8	Trabzon-Of – Balaban Cinus Deresi Çevresi Granit Mermer Sahası	Kayaç birimi granittir. Granitlerin bazı kesimleri çatlaklı yapı ve arenalaşma gösterir. Kristal tane yapısı orta boyuttur. Alterasyon çok azdır. Rengi gri beyazdır. Olumlu mostralara genelde vadinin taban kotlarında izlenir. Birimlerin yaşları Üst Kretase-Tersiyerdir	Sahanın alanı: 0.635 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 15.875.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 9.525.000-22.225.000 m ³
9	İspir-Maden (Köprübaşı) Meydanlı (Kağans) Köyü Gabro Mermer Sahası	Kayaç birimi gabrodur. Gabrolar, Üst Kretase yaşlı andezit bazalt lav ve piroklastik keserek ortama yerleşmişlerdir. Yaşları Üst Kretase –Tersiyerdir. Renkleri pembe, mor-siyah-gri renklerin karışımı halindedir. Kristal tane yapısı iridir. Kayaçı oluşturan minerallerin renk farklılıklarından dolayı benekli görünüşü vardır.	Sahanın alanı: 0.350 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 8.750.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 5.250.000-12.250.000 m ³

Tablo 6. Giresun İlinde Tespit Edilen Doğaltaş Yatakları İle İlgili Toplu Bilgiler

No	Adı	Jeoloji	Geometri-Rezerv
10	Giresun-Doğankent (Harşit) Granit Sahası	Kayaç birimi Granittir. Birimin blok verebilecek kesimlerinde çatlaklılık azdır. Sahadaki granitler geniş alanda Üst Kretase yaşlı bazik kayalar keserek ortama yerleşmişlerdir. Kristal tane yapısı ince olup, renkleri gri-beyaz ve kurşundur.	Sahanın alanı: 3.32 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 83.000.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.:48.900.000-116.200.000 m ³
11	Giresun-Doğankent (Harşit) Söğütözü Granit Mermer Sahası	Kayaç birimi granittir. Bazı kesimler çok, bazı kesimleri ise az çatlaklıdır. Yamaç eğimi dik ve dike yakındır. Kristal tane yapısı incedir. Rengi gri ve kurşundur. Alterasyon yoktur. Çatlaklar arası mesafe 3-4 m arasındadır. Kayaç birimlerinin yaşı Üst Kretase-Tersiyerdir..	Sahanın alanı: 0.625 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 15.625.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 9.375.000-21.875.000 m ³
12	Giresun-Bulancağ Derecikalan Köyü-Kürtler Obası Granit Sahası	Kayaç birimi granittir. Blok işletilebilecek kesimlerdeki granitler çevreye daha az kırıklı ve çatlaklı yapı göstermektedir. Homojen yapı göstermektedir. Renkleri genelde gri-beyazdır. Granitler Üst-Kretase-Tersiyer yaşlıdır.	Sahanın alanı: 0.692 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 17.300.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 10.380.000-24.220.000 m ³
13	Giresun Dereli Sahası	Doğaltaş sahası en eski kayaç birimi olan metamorfik seri içinde yer almaktadır. Metamorfik seri doğaltaş arabanlı şist ve gnays gibi birimlerden oluşmaktadır. Doğaltaşlar yörenin geniş bir kesiminde iri, ince ve mikro kristalli olarak izlenmektedir. Renkleri grimsi beyaz olup yaşı Permiyendir.	Sahanın alanı: 4.000 m ² Kalınlık: 10 m Muhtemel rezerv: 40.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 24.000-56.000 m ³

Tablo 7. Gümüşhane İlinde Tespit Edilen Doğaltaş Yatakları İle İlgili Toplu Bilgiler

No	Adı	Jeoloji	Geometri-Rezerv
20	Gümüşhane-Şiran-Yeşilbük (Korzaf) Traverten sahası	Sahadaki en yaşlı birim Jura yaşlı andezit-bazalt lav ve piroklastik ile esen yaşlı volkaniklerdir. Travertenler sarımsı, kahverenkli ve beyazdır. Sert ve kompakt kısımları olduğu gibi gevşek ve bozmuş kısımları da vardır. Sert kısımlar doğaltaş yönünden önemlidir.	Sahanın alanı: 0.55 km ² Kalınlık: 10 m Muhtemel rezerv: 5.500.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 3.300.000-7.700.000 m ³
21	Gümüşhane-Kelkit-Halkevi Köyü Kireçtaşı Sahası	Yöredeki kireçtaşları ofiyolitik seri içinde izlenen kireçtaşı mercekleri olarak kabul edilmektedir. Çatlak oranları az olup, tabakalı yapı göstermektedirler. Renkleri gri-beyazdır. Tabaka kalınlıkları 30-40 cm arasındadır. Yaşları Üst Kretase olarak Ofiyolitik seri ile aynı yaşta kabul edilmektedir.	Sahanın alanı: 0.38 km ² Kalınlık: 10 m Muhtemel rezerv: 3.800.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 2.280.000-5.320.000 m ³

Tablo 8. Ordu İlinde Tespit Edilen Doğaltaş Yatakları İle İlgili Toplu Bilgiler

No	Adı	Jeoloji	Geometri-Rezerv
14	Ordu-Mesudiye-Topçam-Aşıklı Köyü Granit Sahası	Kayaç birimi granodiyorit pegmatit'tir. Blok almabilecek kesimlerde çatlaklılık oranı azdır. Hakim renk pembe-dir. Birbirini dik kesen iki doğrultuda çatlak sistemi izlenmektedir. Çatlaklar arası mesafe ortalama 1-5 m'dir. Kayaç birimleri yaşı Üst Kretase-Tersiyerdir.	Sahanın alanı: 0.02 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 500.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 300.000-700.000 m ³
15	Ordu-Mesudiye Kızılağaç Yaylası Monzonit Sahası	Sahadaki kayaç birimi monzonittir. Üst Kretase yaşlı volkanik ve intrüzif kayaçları kesmiş olarak mostra vermektedirler. Çok sert ve ferromagnezyum içerdiklerinden genel görünimleri koyu gri renklidir. Çatlak oranı az, tane boyutları orta boyutta olup, alterasyon yoktur.	Sahanın alanı: 1.5 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 37.500.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 22.500.000-52.500.000 m ³
16	Ordu-Fatsa-Güller Köyü-Saklı mah. Kireçtaşı Sahası.	Yöredeki yapı taşı yönünden olumlu kireçtaşları geniş bir alanda kumtaşı-konglomera-çamurtaşı-tüfit ardalanmasından ibaret olan-tortul seri içindedir. Tabaka eğimi 5-20°, kalınlık 30-40 cm arasındadır. Renkleri gri-beyaz ve şarabidir. Tortul serinin yaşı Üst Kretase-Eosen'dir.	Sahanın alanı: 0.22 km ² Kalınlık: 10 m Muhtemel rezerv: 2.200.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 1.320.000-3.080.000 m ³
17	Ordu-Ünye-Tekkiraz-Velibayraktar köyü Kireçtaşı Sahası.	Yapıtışı olarak olumlu görülen saha, bölgesel jeoloji içinde kireçtaşı-kumtaşı-konglomera-çamurtaşı-tüfit ardalanması seri içinde yer almaktadır. Yapıtışı olarak olumlu görülen kireçtaşları, 40-100 cm kalınlıktadır. Renkleri beyaz ve kırmızı, şarabi renkte olup bol fosillidir. Yaşları Üst Kretase-Eosendir.	• Beyaz renkli kireçtaşları Alan : 0.97 km ² Muhtemel rezerv: 9.700.000 m ³ %40 hata ile 5.820.000-13.580.000 m ³ • Kırmızı renkli kireçtaşları Alan : 0.35 km ² Muhtemel rezerv: 3.500.000 m ³ %40 hata ile 2.100.000-4.900.000 m ³
18	Ordu Mesudiye – Çaltepe (Herüse) Köyü Traverten Sahası	Sahada en eski kayaç birimi olarak Üst Kretase yaşlı Andezit bazalt lav ve piroklastları izlenmektedir. Renkleri sarımsı ve gridir. Sert kompakt kesimleri olduğu gibi yumuşak bozuşmuş kesimleri de vardır. Tabakası görünümündedir. Kıvrımlı ve kırıklı yapıları yoktur. Yaşları Kuaterner'dir.	Sahanın alanı: 0.40 km ² Kalınlık: 10 m Muhtemel rezerv: 4.000.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muhtemel rezerv: 2.400.000-5.600.000 m ³
19	Ordu-Mesudiye-Topçam-Köseköy Granit Mermer Sahası	Kayaç birimi alkalin granitler. Kaya az çatlaklı olup, çatlaklar birbirini kesen iki doğrultuda gelişmiştir. Kristal tane yapıları iridir. Renkleri hafif morumsu görünüştedir. Alkalin feldspatlar iri yapıları ile kendilerini gösterirler. Kayaç birimlerinin yaşı Üst Kretase-Tersiyerdir.	Sahanın alanı: 0.265 km ² Kalınlık: 25 m Muhtemel rezerv: 6.625.000 m ³ Hata sınırı: ± % 40 Muh.: 3.975.000-9.275.000 m ³

Bölgede 246 milyon m³ ticari tanıma uygun doğaltaş yatağı tespit edilmiştir. Bu rezervin % 88.32'sini (15 adet) intrüzif (sert yapı taşı, granit, gabbro, monzonit), % 7.8'ini (3 adet) kireçtaşı, % 3.86'sını (2 adet) traverten ve çok az bir kısmını da (1 adet) metamorfik mermer oluşturmaktadır. Görüldüğü gibi rezervin ağırlıklı kısmını sert yapı taşları oluşturmaktadır.

En önemli sorun olan altyapı (yol, su, elektrik vb.) konusunda devlet üzerine düşeni yerine getirmeli, işletmecilik açısından gerekli teşvik uygulamaları (vergi indirimi, yatırım indirimi vb) bölgeye yatırımların çekilmesi bakımından son derece önemlidir.

Bölgede tespit edilen sert yapıtaşı (granitik) mermerleri işlemek için bölge içinde mermer oluşumlarının yoğunlaştığı bölgede bir mermer işleme tesisinin yapılması düşünülmelidir.

Sonuç olarak bölge sınırları içinde tespit edilen sert yapıtaşı ve karbonatlı kayaç mermer sahaları, gerek işletme şartlarının zorluğu, gerekse pazarlama problemleri yönünden bugünkü şartlarda sınırlı ekonomik görülse bile gelecekte bölge için önemli potansiyel olarak kabul edilmelidir. Ayrıca ulaşım imkânlarının gelişmesi ve piyasa taleplerine göre çevrede yeni doğaltaş sahalarının bulunabileceğini söylemek mümkündür.

KAYNAKLAR

- Çetin, T., "Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi ve İhracatı", Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 3, Sayfa: 243-256, Ankara, 2003.
- Karaca, Z., "Mermer Madenciligi", Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Yay., No: 01, İzmir, 2001
- Korkmaz, S., "Doğu Karadeniz Bölgesi Madencilik Potansiyeli", Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, Trabzon, 1996.
- Nasuf, E., " Mermercilik Sektörüne Değişik Bir Bakış", Türkiye İhracatçılar Meclisi Yayın Organı (Türkishtime dergisi), 2003.
- TİM, "Türkiye Doğal Taş Sektöründe Durum Analizi", Türkiye İhracatçılar Meclisi Yayın Organı (Türkishtime dergisi), 2003.
- Uçaroğlu, Ş., "Rize İkizdere Granitlerinin İncelenmesi", KTÜ Maden Bölümü, Lisans Tezi, Trabzon, 2000.
- URL1, <http://www.immib.org.tr/MADEN/INDEX.ASP>
"Madencilik Sektörü ve Sektörün 2004 Yılı İhracatı", İmmib, Nisan 2006.
- Yılmaz, A.O., Çavuşoğlu, İ., Alp, İ., Kaya, R., Vıcıl, M., "Doğu Karadeniz Bölgesinin Mermer Potansiyeli ve Mermer İşletmeciliği İle İlgili Sorunlar", Türkiye IV. Mermer Sempozyumu MERSEM'03, Sayfa: 435-448, 2003.
- Yılmaz, H., ve Safel, R., "Mermer Sektörü", Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği, Sektör Araştırmaları Serisi, No: 31, 2004.
- Yüzer, E., ve Mutlu, C. S., "Türkiye'de Doğal Taş Sektörünün Gelişimi", TÜMMER Resmî İnternet Sitesi (www.tummer.org.tr), 23 Mart 2006.

Doğu Karadeniz Bölgesi Akikleri ve Özellikleri

M. Vıcıl & B. Yalçınalp

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

İ. Çavuşoğlu & E. Y. Yazıcı, O. Celep, T. Yılmaz

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada Ünye'den Hopa'ya kadar olan sahil şeridi üzerinde bulunan ve yarı değerli süstaşları grubunda yer alan Doğu Karadeniz akikleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında Giresun, Ordu, Trabzon ve Rize sahilleri araştırılmıştır. Doğu Karadeniz akikleri sahip olduğu fiziksel özellikleri ile yarı değerli süs taşı olarak kullanılabilir niteliktedir. İncelenen akiklerin önemli bir kısmının cevher mineralleri ve nabit metaller içerdiği belirlenmiştir. Bu durum akik oluşumları ile maden yatağı oluşumları arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. Bölgemizdeki akiklerin araştırılması hem süs taşı alanında hem de maden yataklarının (altın vd.) oluşumu konularına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

ABSTRACT: In this study East Karadeniz Region agates on the coast of Perşembe to Hopa are investigated. The physical properties of East Karadeniz Region agates make them semi-valuable gemstones, since these agates can be evaluated in gemstone industry. Also native metals are observed during the microscopic investigation of the agates such as gold. Further investigation of these agates may provide information about the formation of ore deposits (gold ore etc.).

1 GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi volkanik araştırmalarda sahil boyunca Ünye'den Hopa'ya bir kuşağı içermektedir. Dağ silsilesinde (sahilden iç kısımlarda) daha çok mesozoik volkanitleri yaygın iken sahile yakın kesimlerinde genelde Neojen volkanitleri etkilidir. Her iki volkanit kayaç grubu yanında plütonik kayaçlar da bulunmaktadır. Tortul ve metamorfikler daha az alanlarda yüzeylenmişlerdir. Bu kayaçları jeodları (kayaç içi boşluklar), bazı kırıklar, plütonların kireçtaşı skarn zonları yarı değerli süstaşlarının oluşum alanlarını oluşturmaktadır. Bölgemizde bulunan yarı değerli

taş; akik, kalsedon, ametist, garnet, opal, turmalin, epidot, jasp, fluorit, kristal kuvars ve obsidyenler sayılabilir. Araştırma süresince bu taşların bulunduğu yataklar araştırılmış, parlatma ve kesme çalışmaları yapılmış, sıvı kapanım ve maden mikroskobu incelemeleri yapılmış ve bu taşların sanatsal alanlarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

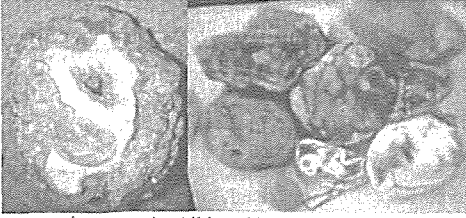
2 DOĞU KARADENİZ AKİKLERİ

Yaptığımız kadar olan sahil çakıllarının (çakıl boyutundaki akikler) birikim alanları incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahası (Taratı alanlar örnek alınan bölgelerdir)

Arazi çalışmalarında, Ünye-Bafra arası, Giresun-Espiye-Tirebolu-Görelle Eynesil arası, Trabzon-Araklı arası sahil şeridi deniz çakıllarında akiklerin çeşitliliği dikkat çekmiştir (Şekil 2). Gri ve beyaz akiklerde silisli çakıllar ve kırmızı jaspın Ünye-Hopa arasında yaygın olduğu gözlenmiştir. Bu çakıl örnekleri arasında mangan oksitli çakıllar ayrıca ilgi çekmiştir. Örneklerin toplanabilmesi uzun bir zaman almıştır ve tavuklama yöntemi ile renkleri ve şekillerini takip ederek özel bir şekilde toplanmıştır. Bir kıyı şeridinde bir hafta örnek alınmış fakat şiddetli dalgaların çakılları karıştırılması sonucu gelecek hafta ve aylarda aynı bölgede hiçbir örnek bulunamamıştır. Hele son on yılda transit yol yapımının tamamen sahil şeridini takip etmesi, eşsiz koy ve birikim alanlarını tahrip ederek dolgu altında bırakması, akik birikim ve zenginleşme ortamlarına da son derece darbe vurmuş ve pek çoğunu da yok etmiştir. Yeniden zenginleşmelerin uzun yıllar alması beklenmektedir. Akiklerin zengin olarak bulunduğu bölgeler Ordu'nun Ünye, Fatsa, Perşembe sahilleri ve Giresun'un Keşap, Espiye, Tirebolu, Görelle, Eynesil sahilleri olarak belirlenmiştir (Şekil 1) (Vıçıl vd., 2003).

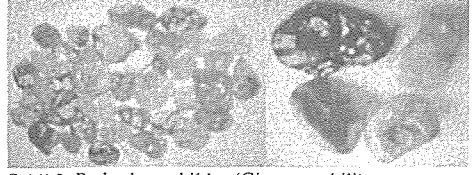


Şekil 2. İşlenmemiş akikler (Giresun sahilinde)

Trabzon'un Yomra, Arsin, Araklı kıyılarında daha az miktarda akik olduğu gözlenmiştir. Trabzon'un en zengin akik sahası Arsin-Araklı arasındaki Yanbolu sahilidir. Rize ve ilçelerinin sahil bölgelerinde yok denecek kadar az oranda akik bulunmaktadır.

Örnek alımları genellikle çakıllı alanlarda ve dalgaların gelgit mesafelerinde olmuştur. Çünkü bu mesafeler doğal cevher zenginleşme ortamları olarak gözlenmiştir. Ayrıca bilinen damar ve skarn zonlarının minerallerinden örnekler alınmıştır. Alınan örneklerden akikler, ametistler, fluorit, turmalinli kuvarslar ve skarn kuvarslarında sıvı kapanım ve cevher mikroskopisi çalışmaları yapılmıştır. Akikler hem kesilerek hem de küçük çakıl örnekleri tamburda silinip parlatılmıştır (Şekil 3). Parlatma yüzeyleri cevher mikroskopunda incelenmiştir. Genelde akiklerin parlatılan yüzeylerinde pirit, kalkopirit, demirli silikatlardan demir oksitler (limonit ve hematit) belirlenmiştir. Bazı örneklerde az olarak altın kristalleri gözlenmiştir. Yapılan incelemelerde akiklerin Üst Kretase volkanizması dönemi ile Eosen yaşlı ve

sonrası genç volkanizmaların oluşum dönemleri ile bağlantılı olduğu ortaya çıkmıştır. İncelenen akiklerin önemli bir kısmının cevher mineralleri ve nabit metaller içerdiği belirlenmiştir. Bu durum akik oluşumları ile maden yatağı oluşumları arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Parlatılmış akikler (Giresun sahilinde)

Sarı ve turuncu akiklerde renk pigmentleri arasında çift nikelde ilginç iç yansıma renkleri ve yapıları belirlenmiştir. Aynı şekilde gri ve kırmızı akiklerde iç yansımanın ilginç yapı ve doku şekilleri saptanmıştır. Açık renkli görülen bir akik üzerinde cevher mikroskopunda birçok koyu renkli pigmentlerin varlığı gözlenmiştir (Şekil 4). Tamburla yapılan silme parlatma deneylerinde aynı ortama koyulan akik, ametist, jasp, fluoritlerde; yumuşak olanlar fluoritler çok çabuk aşınıp parçalanmışlardır.



Şekil 4. Akiklerdeki iç yansıma şekilleri

Silme sonucu parlatma işlemlerinde bir kısım ametistler iyi parlatılabilmelerine karşın jasp, ametistler ve fluoritler iyi parlatılamamıştır. İyi cila alan ametistlerin homojen ve küçük kristalli oldukları gözlenmiştir. Her türün kendi grubu içinde parlayabildiği ancak kristal boyu irileşince parlayabilme özelliğinin azaldığı gözlenmiştir. Kesme işlemleri sonucu yapılan parlatma işlemlerinde jaspın güzide mat kırmızı, kiremit kırmızısı ve bordo renklerinin ilginç olduğu gözlenmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi cevherli zonundan ve silisli kayalardan/damarlardan gelen tüm silisli çakılların, güzide renkli silisçe zengin birçok kayalık çakıllarının yarı değerli mücevher (süs) taşları ile veya sanatsal yapılarda kullanılabileceği düşünülmüştür.

Yarı değerli süs taşları üzerinde yapılan sıvı kapanım çalışmalarında özellikle akik, ametist, turmalinli kuvars, fluoritlerde hidrotermal her safhasında (epitermal-mezotermal-hipotermal) homojenleşme ısısı saptanmıştır.

Doğu Karadeniz akiklerinin benzersiz özellikleri yerli ve yabancı araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Araklı'da 1968-1969 yıllarında MTA'da görev yapan Yugoslav jeologların topladıkları çuval dolusu akikleri ülkelerine götürdüklerine şahit olunmuştur (Vıçıl, 2006).

Akikler üzerinde yaptığımız deney ve araştırmalarda Doğu Karadeniz akiklerindeki renklemenin demir, mangan, bakır, arsenik element ve minerallerinin sebep olduğu bulunmuştur. Yarı değerli süs taşları renk, sertlik, şeffaflık, kırılma ve parlama özelliği gibi özelliklerle tanımlanır. Tespit edilen akikler renklerine, saydamlıklarına ve yapısal özelliklerine göre Tablo 1'de sunulmuştur.

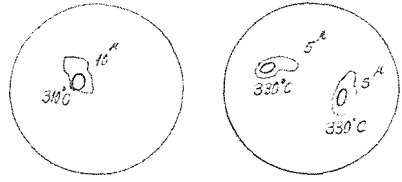
Tablo 1. Tespit edilmiş akik çeşitleri

Akik Çeşitleri (Renk)	Saydamlık		Yapısal Özellik	
	Şeffat	Mat	Zonlu	Desenli
Beyaz	✓	✓	✓	✓
Bal	✓	✓	✓	✓
Kırmızı	✓	✓	✓	✓
Sarı	✓	✓	✓	✓
Turuncu	✓	✓	✓	✓
Mor	✓	✓	✓	✓
Mavi	✓	✓	✓	✓
Yeşil	✓	✓	✓	✓
Siyah	✓	✓	✓	✓
Gri	✓	✓	✓	✓
Krem	✓	✓	✓	✓
Çok renkli	✓	✓	✓	✓

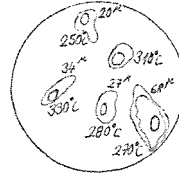
Farklı renklere sahip akiklerin saydam, mat, zonlu ve desenli alt türleri gözlenmiştir. En çok bulunan beyaz ve gri akiklerdir. Kırmızı, sarı ve turuncu renkler azdır. En az rastlanan ise mavi akiklerdir. Ek 1'de dünyada tespit edilen akik çeşitleri sunulmuştur.

2.1 Sıvı Kapanım Deneyleri

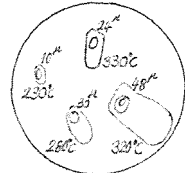
Doğu Karadeniz Bölgesindeki akik örneklerinin oluşum ısılarını bulmak amacıyla sıvı kapanım çalışmaları yapılmıştır. Sıvı kapanım çalışmalarında kırmızı, sarı-turuncu ve beyaz akikler incelenmiştir. Belirlenen sıvı kapanımların gaz kabarcıkları küçük olup 1. grup ve zayıf tuzlu tip kapanımlardandır (Şekil 5). Sadece bir tanesi gaz kabarcığı çevresinde sıvı CO₂ içermesi ile 4. kapanım türüne girmektedir. Kapanım boyutları 5-68 µ arasında değişmektedir. Kapanım şekilleri elips, daire, dikdörtgen, damla, yamuk ve değişik şekillerde bulunmaktadır (Şekil 5). Homojenleşme ısıları ise 230-330°C arasındadır (Şekil 6).



(a)

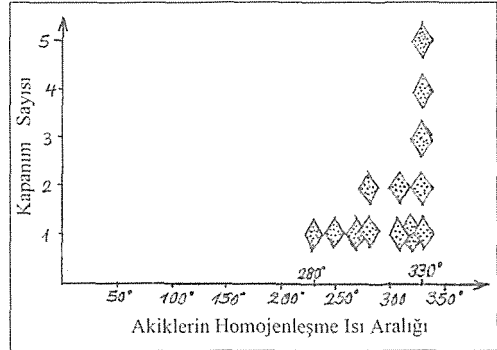


(b)



(c)

Şekil 5 Sıvı kapanımlar; (a) kırmızı akikler (b) sarı akikler (c) beyaz akikler



Şekil 6. Akiklerdeki sıvı kapanımlar ve homojenleşme ısı aralıkları

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan akikler sahip olduğu renk, desen ve yapı özellikleri ile önemli bir yarı değerli süs taşı kaynağıdır. Bu akikler mücevher yapımında kullanılmak üzere değerlendirilebilir. Kullanılmadan önce kesim ve işleme gibi aşamalardan geçmesi gereken akikler profesyonel kişilerce bir sanat eserine dönüştürülebilir. Yarı değerli süs taşlarımız yok olmaktan kurtarılıp ekonomiye kazandırılmalıdır. Ayrıca akiklerin içerdiği altın vb. cevher mineralleri bölgedeki maden yatakları ve bu yatakların oluşumu hakkında önemli ipuçları vermektedir.

Ek 1. Akik Türleri (URL-1 ve URL-2, 2006)

1. Mavi Akik	Blue Agate
2. Mavi Dantel Akiği	Blue Lace Agate
3. Yeşil Akik	Green Agate
4. Hint Akiği	Indian Agate
5. Yosun Akik	Mass Agate
6. Ağaç Akik	Tree Agate
7. Odun Akik	Wood Agate
8. Ateş Akik	Fire Agate
9. İris Akik	Iris Agate
10. Küçük Fare Şekilli Akik	Mouse Agate
11. Joshua Ağaç Akiği	Joshua Tree Agate Agate
12. Kehribar Renkli Sarımsı	Amberine-Yellowish
13. Yeşil Akik	Green Agate
14. Kan Rengi Akik	Blood-Red Agate
15. Breşik (Parçalı-Kırıklı) Akik	Brecciated Agate
16. Mozaik Akik	Mozaic (Ruin) Agate
17. Bulut Akik	Cloude Agate
18. Çok Renkli Akik	Condor (Colourful) Agate
19. Benekli Akik	Dot Agate
20. Gözlü Akik	Eye Agate
21. Süstü Akik	Fancy Agate
22. Gökkuşluğu Akik	Rainbow Agate
23. Alev Akik	Flame Agate
24. Renksiz Alev Akik	Colorless Flame Agate
25. Buz Akik	Frost Agate
26. Hokkaido Akiği	Hokkaido Agate
27. Süt Beyazı Akik	Milky White Agate
28. Jasp Akik	Jasp Agate
29. Dantel Akik	Lace Agate
30. Laguna Akiği	Laguna Agate
31. Lake Superior Akiği	Lake Superior Agate
32. Batı Akiği	Occidental Agate
33. Kuletaşı Akiği	Pagoda Stone Agate
34. Palmiye Kökü Akiği	Palm Root Agate
35. Güvercin Kanı Akik	Pigeon Blood Agate
36. Oniks Akik	Onyx Agate
37. Polka Benekli Akik	Polka Dot Agate
38. Ateşli Top Akik	Pompom Agate
39. Kurdelâ Akik	Riband (Ribbon) Agate
40. Yüzük Akik	Ring Agate
41. Harabe Akik	Ruin Agate
42. Gölge Akik	Shadow Agate
43. Yılan Derisi Sekilli Akik	Snake Skin Agate
44. Yıldız Akik	Star Agate
45. İsviçre Lapis Akik	Swiss Lapis- Marketplace Agate
46. Yüzey Şekilli Akik	Topographic Agate
47. Zik Zak Akik	Zigzag Agate
48. Sağlamlaştırılabilen Akik	Fortication Agate
49. Yalancı Süt Beyazı Yosun Akiği	Rogueite milky white mass agate
50. Manzara Akiği	Vistaite Agate

KAYNAKLAR

- Vıçıl, M. ve Alp, İ., Yazıcı, E.Y., Yalçınalp, B., Demir, C.:
2003. Doğu Karadeniz Bölgesi Yarı Değerli Süs Taşları,
Gemoloji Sempozyumu, Ankara.
Vıçıl, M., 2006. Kişisel Görüşme.
URL-1: www.minerals.net, 04 .07.2006.
URL-2: <http://www.gemhut.com/agate.htm>, 04 .07.2006.

Papatya Desenli Diyoritlerin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği

Ü. Görgülü, İ. Alp, İ. Çavuşoğlu

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

H. Kolaylı, M. Arslan

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Son yıllarda tüketim alanlarının çoğalması ile birlikte mermer ve mermer olarak kullanılabilen doğal taşlara olan talep artmış ve doğal taş sektörü, en cazip sektörlerden biri haline gelmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesi oldukça zengin bir doğal taş potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, İspir-Çamlıkaya (Erzurum) civarında bulunan papatya desenli bir dokuya sahip diyorit-gabroların mermer sektöründe kaplama taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araziden alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri TS 699'a göre araştırılmıştır. Ayrıca kayacın kimyasal bileşimi, mineralojik ve petrografik yapısı incelenerek yapısı ortaya konulmuştur. Sonuç olarak söz konusu kayaçların mermer sektöründe özel kaplama ve süsleme amaçlı olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

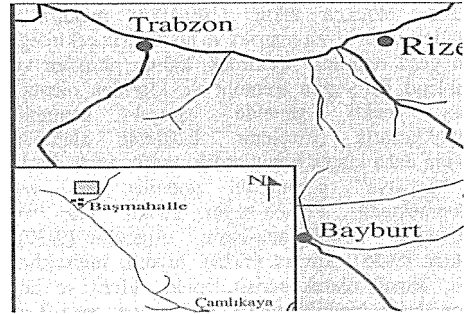
ABSTRACT: In recent years, demands to marble and natural stones that can be used as a marble have increased and sector of natural stone has been one of the attractive sectors. The Eastern Black Sea Region has a highly rich natural stone deposits. In this study, diorites having a "daisy" –like texture in Camlıkaya (İspir / Erzurum) were investigated for their potential use as marble in overlay and decorating sectors. Samples obtained from the area were investigated according to TS 699 (Turkish standard) to determine the physical and mechanical properties. Chemical composition, mineralogical and petrography properties of the samples were also analyzed to characterize the rock. The results have shown that the rock is suitable for use as overlay stone and decoration material.

1 GİRİŞ

Başta granitler olmak üzere diğer gabro-diyabazlar ve serpantinler sert mermer grubu içinde yer alırlar. Genelde granitler, asit bileşimli ve açık renk tonlarında ve kuvars içermelerine karşın bazik ve ultra bazik kayaçlar koyu renkli, yeşil, gri ve siyah tonlarda, kuvars ve beyaz minerallerden yoksun fakat renkli amfibol, piroksen, olivin gibi koyu renkli mineralleri içermeleri ile ayrılırlar (Uz, 1990). Sert mermer grubu içinde yer alan kayaçlar diğer karbonat grubu mermerlere oranla 2 kat daha sert aşınma ve asite karşı yüksek dayanımlı, kesilebilir ve iyi cila kabul edebilen ve albenisiyle geniş kullanım alanı bulurlar (Uz, 1990). Gabro-Diyabaz-Bazalt grubu kayaçları ülkemizde çok yaygın olmalarına karşın, mermer üretim amaçlı bilinen üretim çok azdır (Uz, 2001).

2 ÇALIŞMA ALANI VE JEOLJİSİ

Çalışma alanı, İspir (Erzurum) ilçesine bağlı Çamlıkaya beldesi Başmahalle köyü sınırları içinde Batmanyurdu mevkiinde yer alır (Şekil 1).



Şekil 1 Çalışma alanı yer bulduru haritası

Burada yüzeylenen monzograditler içerisinde yer yer bazik yer yer de asit ve ortaç bileşimli anklavlar mevcuttur. Çalışma konusunu bu anklavlardan birisidir. İnceleme alanı Doğu Pontitlerde Kuzey ile Güney Zonun ortak noktasına yakın bir alanda yer alır. Bu alanda en yaşlı birim Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu olup, andezit-bazalt ve bunların piroklastitlerinden oluşur. Bunlar Üst Kretase-Alt Tersiyer yaşlı Marselavut Granodiyoriti,

Asniyor Monzograniti ve Halkaltaş Q-Monzodiyoriti tarafından kesilmiştir (Kolaylı ve diğ., 2001). Asniyor Monzograniti (host-rock) değişik boyutta mafik anklavlar içermektedir. Genellikle mercek şeklinde olan bu anklavlardan birinde papatya görünümlü bir doku tespit edilmiştir (Kolaylı ve diğ., 2001).

3 MİNERALojİK VE PETROGRAfİK ÖZELLİKLER

Asniyor Monzograniti içerisinde yer alan mafik anklavlarda gözlenen "Papatya" görünümlü desenler aslında üç boyutlu olup küresel veya elipsoidal nodüller şeklindedir. Dolayısıyla kayacın rastgele kesilebilecek bütün yüzeylerinde görülmektedir. Makroskopik olarak nodülün merkezinde koyu yeşil renkli elipsoidal bir çekirdek bulunmaktadır. Çekirdeği çevreleyen dış zonda çekirdek çapının 2-5 katı kadar büyüklükte beyaz renkli ikinci bir elipsoid gelişmiştir. Oluşan bu nodüller 2-4 cm çapında olup, nodül ara uzaklıkları değişkendir. Anklavin dış kantağından iç kısmına doğru mineralojik-petrografik değişimler mevcut olup, başlıca 3 ana zon belirlenmiştir.

A Zonu: 2-4 m genişliğinde olup, "papatya" görünümlü nodüllerin görülmediği en dış zondur. Kayacın ilksel dokusunu tespit etmek imkansızdır.

B Zonu: "Papatya" görünümlü nodüllerin çok seyrek olduğu (5-100 nodül/m²) 3-5 m genişliğinde bir zondur. Kayacın ilksel dokusu ender olarak görülür.

C Zonu: Anklavin merkezinde, 8-12 m genişliğinde bir zondur. "Papatya" görünümlü nodüller oldukça sıktır (100-1000 nodül/m²). Nodülleri çevreleyen matris ve nodüllerin çekirdeği koyu yeşil renklidir. Çekirdek, kalıntı piroksen ve hornblend ile yoğun tremolit ve kloritten oluşup, beyaz renkli genelde ışmsal konumlu plajiyoklastlarla çevrelenir. İnceleme alanında bulunan daha küçük boyutlardaki mafik anklavlarda da "papatya" görünümlü nodüller yer yer gözlenmektedir. Pembe-beyaz renkli, yazı ve monzonitik dokulu ana-kaya, oligoklas (%30), ortoklas (%35), kuvars (%25), biyotit, mikroklin, pertit, ikincil olarak serisit, epidot, klorit ve tali zirkon içerir. Nodüllü mafik anklav, yer yer 1-3 m kalınlığında kuvarsça zengin mikrogranitoid-biyotitli mikrotonalit ile kesilmektedir.

4 KİMYASAL ÖZELLİKLER

Papatya görünümlü Diyorit/Gabrolardan alınan örneklerin kimyasal analizleri aşağıdaki Tablo'da verilmiştir. Papatya Görünümlü kayaçta nodüller arası bölüm mineralojik olarak diyoritik bir bileşime sahip olmasına karşın kimyasal olarak normal bir

diyoritten farklılık göstererek SiO₂, Al₂O₃, Na₂O ve K₂O değerlerinde azalma, MgO değerinde artış görülmektedir.

Tablo 1 Papatya görünümlü diyorit/gabroların kimyasal analiz sonuçları

Oksit	% Miktar	Oksit	% Miktar
SiO ₂	44,5	CaO	5,6
Al ₂ O ₃	12,7	Na ₂ O	0,7
Fe ₂ O ₃	8,9	K ₂ O	0,2
FeO	-	P ₂ O ₅	0,1
MnO	0,1	TiO ₂	0,7
MgO	16,8	H ₂ O	7,5
		Toplam	97,6

5 DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Papatya görünümlü Diyorit/Gabrolardan alınan örneklerin (Şekil 3) TS 699'a göre yapılan fiziko-mekanik analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Fiziko-Mekanik testlerin sonucunda bulunan değerler; TS 2513 ve TS 1910'da aranan değerlerin üzerindedir. Sonuçlar söz konusu malzemenin sert mermer grubu doğal yapı taşı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 3 Deneysel çalışmalar için hazırlanmış örneklerden genel görünüm

6 SONUÇLAR

Papatya desenli diyorit/gabrolardan alınan örnekler üzerinde TS 699'a göre yapılan deneysel çalışmalar sonucunda söz konusu malzemenin sert mermer grubunda değerlendirilmesi için gerekli standartı sağladığı görülmektedir. Özellikle papatya desenli görünümü nedeniyle piyasa talebinin yüksek olması beklenen İspir-Çamlıkaya diyoritlerinin yapılan araştırmaya göre çok iyi niteliklere sahip yapı ve dekoratif taş olarak kullanılabilmesi görülmektedir. Papatya desenli diyoritlerin bulunduğu sahada henüz

bir ocak ve işletme yapılmadığından yüzeyden itibaren çeşitli yönlerde kayaç karakteristiklerinin değişim gösterip göstermediği tam olarak belirlenememiştir. Bu mevcut yatağın mevcut rezervi konusunda da sıkıntı yaratmaktadır. Bu ön araştırmayı tamamlayacak olan deneylerinde yapılarak söz konusu malzemenin özelliklerinin tam

olarak belirlenmesi gerekir. Coğrafi şartların olumsuzluğu nedeniyle geçim kaynakları çok kısıtlı ve hatta hiç bulunmayan bölgede bu sahaların işletmeye alınması bölge ekonomisi üzerine çok olumlu gelişmelere neden olabilecektir.

Tablo 2 Papatya görünümlü diyorit/gabroların fiziko-mekanik özellikleri

Deney Adı	Değer	TS 2513	TS 1910	TS 10934
Birim Hacim Ağırlık, gr/cm ³	2.90	>2,55	>2,55	
Hacim Kütlesi, gr/cm ³	2.81			2,6
Su emme oranı (kütlece), m/m, %	0.095	<1,8	<0,75	
Görünür Porozite, %	0,27		<2,0	
Porozite (gözeneklilik), v/v, %	3.10			
Doluluk Oranı, kompasite, m/m, %	96.90			
Kuru Ultrasonik Hız, ms	11.4			
Doygun Ultrasonik Hız, ms	10.4			
Basınç Dayanımı Kg/cm ²	1566.4	>1200	>1200	
Yapı	masif			

KAYNAKLAR

- Uz B., (1990), Sert mermer grubu-3, Granit mermer, Mermer Dergisi, s. 44-47
- Uz B., (1990), Yeşil-sert mermer grubu-2, Diyarbakır mermer, Mermer Dergisi, s. 18-22
- Uz B.,(2001).at al., Sert mermer grubuna bir örnek; Karacadağ (Diyarbakır) bazaltlarının mermer açısından incelenmesi, III. Mermer Sempozyumu, Afyon, S. 43-55
- Kolaylı H., Arslan M., Yalçınalp B., Çavga H., (2002), Mafik Anklavda "Papatya" görünümlü dokunun metazomatik (?) gelişimi: Doğu Pontidlerde Feslik Mafik Magma arasındaki etkileşime bir örnek, İspir, Erzurum, Türkiye, 55. TJK Sempozyumu, Bildiri Özleri Kitabı, s.163-165, Ankara
- TS 699, (1987), Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metodları, TSE, Ankara
- TS 2513, (1977), Doğal Yapı Taşları, TSE, Ankara
- TS 1910, (1977), Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, TSE, Ankara

Türkiye ve Dünyada Bulunan Süs Taşları

Aslıhan Bayraktar

Attila Karat Kuyumculuk, İstanbul

ÖZET: Kıymet, insanlar tarafından oluşturulan bir kavramdır. İnsanlar prehistorik çağlarda bile parlaklığına kapıldıkları taşları toplama, şekillendirme, takı ve silah olarak kullanma eğiliminde olmuşlardır. Daha sonraki zamanlarda ise insanoğlu bu parlak taşların bazılarının daha nadir olduğunu fark etmiş ve böylece az bulunurluk taşın değer kriterlerinden birini meydana getirmiştir. İnsanlık tarihinin gelişimi ile birlikte ticari ve ekonomik faktörler devreye girmiş, oluşan pazarın ve bilimin katkısı ile günümüze kadar gelmiştir. Bu kriterlerin bir araya gelmesiyle birlikte kıymetli taşlar – göreceli olarak – değerli (precious) ve yarı değerli (semi-precious) adı altında sınıflandırılmıştır.

ABSTRACT: Value is a concept which has been created by us. Even in the prehistorical period people have the tendency of collecting and using the stones that they have been attracted by their brightness and color as weapons and accessories. In the passing times, people realized that some of these bright stones are harder to find than the others. And with this realization the rarity has become a value criteria of the stones. All these criterias such as brightness, rarity and color gathering together we are classifying gemstones as – relatively – precious and semi-precious.

1 SÜSTAŞI TANIMLAMASI

Süs taşları milyonlarca yıl önce dünyanın derinliklerinden insanoğluna hediye edilmiş ve insanoğlunun asırlardır en kalıcı ve en değerli hazinesi olmuşlardır. Ender bulunuşları ve belirli fiziksel ve kimyasal ayrıcalıkları nedeniyle özel değerdeki malzemelerdir. Güzellik, estetik görünüm, dayanıklılık, nadirlik, şekillendirmeye uygunluk gibi kavramlar sonucu özel değer kazanmış her tür mineral (cevher), kaya ve organik malzeme için geçerli genel bir tanımlamadır.

Modern bir kuyumcunun bakış açısıyla ise süs taşları, güzel ve değerli cisimler meydana getirebilmek için kesilebilen ve cilalanabilen mineral ya da organik maddelerdir.

2 TÜRKİYE'DE BULUNAN SÜSTAŞLARI

Ülkemizde bulunan süstaşı oluşumlarını; Kütahya Simav ilçesinden dünyada sadece Meksika ve Avustralya'da az olarak rastlanan Ateş Opali. Bilimsel yapısı nedeni ile bir benzerine rastlanamayan ve adını en çok bulunduğu bölgeden alan Oltu Taşı. Süstaşı niteliğinde ve saydam olarak dünyada sadece

ülkemizde Milas yöresinde bulunan Diaspor (yeni ticari adıyla zultanite), Eskişehir'e has jeolojik ortamda oluşan Lületaşı (sepiolit) yine Eskişehir Sarıcakaya'daki Mavi Kalsedonlar, Dendirit, Agatlar, Ankara Çubuk civarında bulunan Çubuk agatlar, Kızılcahamam Ağaç agatları, Balıkesir Dursunbey, Göğü köyünde bulunan Ametist, Yozgat Doğan kent Pembe turmalini ve kuvarsları, Erzurum Kop dağlarında bulunan Kemererit, Bursa Bektaşlar civarında bulunan Mor Jadeit, Karadeniz bölgesinde bulunan Obsidyen türleri, yine Karadeniz bölgesinde bulunan kuvars türlerini, ülkemizin zengin süstaşı kaynakları olarak sıralayabiliriz.

2.1 Türkiye'de Bulunan Süs Taşlarının Tanımlamaları

2.1.1 Diaspor

Türkiye'den başka dünyanın hiçbir yerinde bulunmayan, alüminyum hidroksit [AlO(OH)] içeren, iri şeffaf kristalli ve ülkemiz süs taşları arasında büyük önem taşıyan bir mineraldir.

Menderes masifinin örtü birimlerini oluşturan Menteşe formasyonu içinde yer alan Bafa gölünün güneyinde Küçükçamlıtepe ocağında yapılan yeraltı

galerileri ve yerüstü çalışmalarında pek devamlılığı olmayan cep ve mercek şekilli metaboksit zonları gözlenmektedir (Türel, 2000). Diaspor kristalleri bu metaboksit zonların taban ve tavan kısımları içerisinde, özellikle kırık zonlar ile (fay breşikleri) ezik zonlar arasında dolgular halinde bulunmaktadır. Diasporlara genellikle kloritoyid ve hematit eşlik etmektedir. Bu ocaklarda bulunan Diasporların bir kısmı şeffaf olmayan türde, kirli beyaz renkli, deforme olmuş, bükülmüş, kırılmış hatta -S- yapıları gösterir biçimdedirler. Diaspor kristalleri postmetamorfik pegmatitlerle ilişkili hipotermal koşullar altında 3-4 kb basınç ve 400-500 °C sıcaklıkta oluşmaktadır. Gün ışığında renk değiştirme özelliğine sahip olması süstaşı niteliğini artırmaktadır. Günümüzde madenin işletmesi Murat Akgün'ün ortak olduğu Zultanite Gems LLC tarafından yapılmaktadır.

2.1.2 Pembe Turmalin (Rubelit)

Turmalin, karışık kimyasal formüllü $[(Ca, K, Na)(Al, Fe, Li, Mg, Mn)_3(Al, Cr, Fe, V)_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH, F)_4]$ bor içeren alüminyumlu bir silikat mineral grubunun adıdır. Formülünde F, Li gibi çok hafif elementler bulunmaktadır. Turmalinler formülünde olmayan ancak yapısına kirlenme biçiminde giren metaller sebebiyle allokromatik minerallerdir.

Yozgat ilinin 35 km. doğusunda, pegmatik birimler içinde pembe turmalin mineralleri bulunmaktadır. Pegmatit damarları 5-50 cm. arasında değişen kalınlıklar göstermekte, kuzeyde 40°, batıda 50°, kuzeydoğuda 50° ortalama konumları sunmakta, koyu kahve renkli mika ve siyah renkli turmalin kristalleri içermektedir. Bölgenin güneydoğu ucunda 8 km uzaklığında 6 m eninde ve 1-1,5 m derinliğindeki sığ bir yarmada kuvars, ortoklas, mor renkli zinnvaldit mikalarıyla birlikte pembe turmalin minerallerinin yüzeylendiği gözlenmiştir (Türel, 2000). Aynı bölgede bağımsız kristaller halinde genellikle pembe-siyah çift renkli (bicolored) turmalin minerallerine rastlanmıştır. Kargılık köyü pembe turmalinlerinin renk özelliği çok güzeldir fakat zayıf transparanlığı ve çatlaklı yapıları nedeniyle gemolojik olarak düşük kaliteli oldukları söylenebilir.

2.1.3 Opal

Silika grubu minerallerinden opal ($SiO_2 \cdot nH_2O$) kristobalitin kriptokristalin bir formudur. Ve diğer silika minerallerden farklı olarak %4 ile %20 oranında su içerir. Suyun mevcudiyeti nedeni ile opal kuvarstan daha düşük sertliğe ve özgül ağırlığa sahiptir. Opal düşük sıcaklık ve düşük basınç mineralidir ve yeryüzü yakınlarında dolaşım halindeki çözeltilerde oluşabilirler.

Türkiye'de Eskişehir-Sivrihisar, Karacaköyünde yeşil renkli opaller oluşmaktadır. Çankırı-Şabanözü, Yenice köyü civarında üst Miyosen yaşlı

andezit ve andezitik tüfler içerisinde beyaz sarı, yeşilimsi sarı renklerde opaller gözlenmiştir. Malatya Arguvan ilçesinin 10 km kuzeyinde Yamadağ volkanitlerinin çatlaklarında damarlar halinde mavimsi yeşil renklerde opaller gözlenmiştir.

2003 yılında Erzurum, Oltu - Turnalı köyü üst taraf çamlık bölgesine yaptığımız çalışmada yüzeyin 0,5 - 1 m derinliğinde rengi koyu yeşilden açık yeşile doğru farklılık gösteren çok çatlaklı, kırılğan, mumsu parlaklığa sahip ve opak özellik gösteren silisli taş yatağı gözlenmiştir. Vıdı ve ark., (2004) tarafından yapılan çalışmalar sonucu mineralin opal olduğu ortaya çıkarılmıştır.

2.1.4 Ateş Opali

Kütahya'nın Simav ilçesinin Karamancı köyünde bulunmaktadır. Ocağın antik çağlardan beri işletildiği bilinmektedir. Ayrıca Gediz ve Simav ilçeleri arasında Şaphane beldesinde ateş opaline rastlanmaktadır. Kırmızı renkli ateş opali yanında beyaz yanardöner opaller de bulunmaktadır. Karamancı köyü yakınlarındakiler ise tüfler içerisinde ya da tüflerden ayrılmış serbest halde bulunmaktadır. Ateş opali mikroskop altında amorfudur. Turuncu kırmızıdan kırmızıya kadar değişen kendine has renk tonlarını gösterir. En değerli ateş opalleri Meksika ve Türkiye'de çıkarılmaktadır.

2.1.5 Kalsedon

Genel anlamda kalsedon kuvars ailesinin kriptokristalin yapıları bir üyesidir. Düşük sıcaklıklarda (yaklaşık 120 °C 'de) kayaların boşluk ve çatlaklarında, silisli çökeltilerin çökmesi ile oluşmaktadır. Kalsedonun ten renginden temiz koyu kırmızı değişebilen çeşidi "karnelyon", sarımsı ve kahverengimsi kırmızı olanı ise "sard" olarak bilinir. Karnelyon kırmızı renginin nedeni olasılıkla hematit, sardın renginin nedeni ise limonittir. Türkiye'de Eskişehir-Sarıcakaya ve Seyitgazi, Ankara-Beypazarı, Çubuk, Çankırı-Orta Bolu-Kıbrısçık, Blikesir-Dursunbey, Bandırma ve Gönen, Çanakkale-Biga, Sivas-Kangal, Konya-Çayırbağ ve Altunekin, Ordu-Fatsa, Ünye gibi bir çok yöremizde değişik renklerde kalsedonlar bulunmaktadır. İçlerinde en özel konumda olanı ise morumsu mavi rengi ve tarihsel değeri ile Eskişehir- Sarıcakaya Mavi Kalsedonudur.

2.1.5.1 Eskişehir Sarıcakaya Mavi Kalsedonu

Eskişehir Sarıcakaya Mavi Kalsedonları paleosen yaşlı seri içerisinde yer almaktadır. Bu seri çakıltası, kumtaşı, marn, şeyl gibi birçok üyeden oluşmuştur. Ancak kalsedon gözenekli yapısı nedeni ile seçimli olarak sadece kumtaşları içerisine yerleşmiştir. Ayrıca fay breşide kalsedonlara yataklık eden ikinci

gözenekli ortamdır. Bu bölge kalsedonları, hidrotermal silisli suların epitermal evrede 100 ila 200 °C sıcaklıkta, çok düşük basınçta ve alkalın pH ortamında silis çökeliyle oluşmuştur.

Sarıcakaya kalsedon sahası ortalama 50 kg/m³ tenörde, yaklaşık 2,5 milyon ton görünür ve 10 milyon ton muhtemel rezerv ile dünyada önemli sayılabilecek nitelikte bir süstaşı yatağıdır, (Gerçin, 2004). Sarıcakaya kalsedonları kahvesi-sarımsı renkli yaklaşık 5 mm kalınlığında bir dış kabuk ile çevrelenmiş, pürüzsüz ve düzgün yüzeyli, gözenek boşluklarını doldurmuş yumrular şeklindedir. Yumruların çapları ortalama 10–15 cm' dir. Ancak çapları 60–70 cm' ye kadar ulaşan yumrulara bulunabilmektedir. Kalsedon yumruları kırıldığında koyu mavimsi bir renk ortaya çıkmaktadır. Ancak ince dilinimlerinde koyu mavi renk açılmakta, uçuk mavimsi-beyazımsı bir renk gözlenmektedir. Kalsedon yumrularının kırılmaya ve kesilmeye karşı sağlamlığı oldukça fazladır. Yaygın olmamakla birlikte, bölgede dünyada ender olarak gözlenen morumsu- leylak noktalara ve lekelerle sahip mor kalsedonlar da bulunmaktadır.

Maden günümüzde Sırrı Birsen ve Gerçin tarafından işletilmekte ve Türkiye'nin belki de en güzel süstaşı olarak tüm dünya pazarına sunulmaktadır.

2.1.6 Agat

Kalsedonun farklı renklerde bant veya konsantrik zonlarda karakterize olmuş şekline verilen isimdir. Agat'ın Anadolu'da 6000 yıllık bir geçmişi vardır ve halk arasında "Akik" adıyla bilinmektedir.

Agat bantlarının renkleri beyazdan gri ve siyaha kadar değişiklik gösterir. Ayrıca kırmızı gölgelenmeler, kahverengi ve daha ender olarak mavi yeşil veya lavanta renkleri gösterebilir. Agatın paralel olarak dizilen siyah-beyaz bantları halindeki şekline verilen ismi "Oniks" tir. "Moss (yosun) agat" genellikle dentritik formarda diğer mineral kapanımlarını içeren agat türüdür. "Çubuk agat" andezit ve riyolit içerisindeki çatlak ve gözeneklerde hidrotermal alterasyonu izleyen evrede, hidrotermal silisli çözeltilerdeki kolloidal silisin 100–200 °C sıcaklıkta yüzey koşullarına yakın basınçta ve 9'un altında pH (alkalin) ortamda çökeliyle oluşmaktadır.

Türkiye'de; Ankara-Çubuk, Susuz, Çamlıdere, Burçalar, Kızılcahamam, Alpağut-Afyon, Karacakaya-Bilecik, Bozöyük, Karaçayır, Merkez, Abbascı ve Aşağıköy, Bursa-Orhaneli, Rize, İstanbul, Ordu, Trabzon, Arsin-Yanbolu yörelerinde agat bulunmaktadır. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesinde Ünye'den Hopa'ya kadar akik oluşumları gözlenmiştir. Yapılan araştırmalarda ise Giresun Beşikdüzü arası akiklerin en yoğun gözlemlendiği bölge olarak tespit edilmiştir.

2.1.7 Kemererit

Kemererit, ofiyolit altındaki büyük bir granit batolitinin etkisiyle oluşan hidrotermal çözeltilerin, kromotın çatlaklarını doldurarak ve kristalleşerek oluşturduğu mineraldir. Mor menekşe renkli olan kemererit kristalleri, Erzincan – Erzurum – Bayburt üçgeni arasındaki Kop Dağının, Büyük ezan krom ocağına bağlı Doğu Ezan ve Pembe Gül ocaklarında bulunmaktadır. Mineral koleksiyoncuları en çok rağbet ettiği ve Türkiye'ye özgü nadir taşlardan biridir.

2.1.8 Ametist

Ametist, kuvars grubu taşların en güzel, en bilinen ve en çok değer biçilen taşlarından biridir. Soluk menekşe, mor, leylak eflatunu renklere sahiptir. Mor rengini bünyesinde bulunan üç değerlikli demirin dört değerlikli demire okside olmasıyla kazanır. 300 °C ye kadar ısıldığında rengi koyulaşır. Daha yüksek ısılarla çıkıldığında ise rengi tamamiyle değişebilir. Beyazımsı kuvars bantları içeren ametistler "kuvarşlı ametist" olarak isimlendirilirler. Ametisten daha kompakt bir yapıya sahiptirler. Genellikle kristalin masif kütleler halinde bulunurlar. Türkiye'de Balıkesir –Dursunbey Göğü (Güğü) köyü, Yozgat Şefaati, Giresun Şebinkarahisar, Ordu ve Fatsa'da bulunmaktadır.

Ametist'in Balıkesir Göğü bölge yerleşimi tersiyer volkanizmaya bağlı hidrotermal çözeltilerle oluşmuştur. Volkanizmanın son evresinde silisçe doymun hidrotermal çözeltiler ana kayacın (dasitriyodasit) çatlak ve soğuma boşluklarında farklı zaman ve evrelerde kristallenmiştir. Kristal formundaki ametistin hidrotermal (300–500 °C ve çok yüksek basınç) ve mesotermal (200–300 °C ve yüksek basınç) koşullarda oluştuğu düşünülmektedir. Göğü köyü ametistlerinin Tülin İçözü tarafından yapılan mikroskop incelemelerinde kristallerin çok sayıda kapanım içerdikleri gözlenmiş, çoğunluğunun koyu kahve-kızılımsı renkte katı kapanımlar olduğu saptanmıştır. Birçok ametist örneğinde ise doğal radyasyondan kaynaklanan renk zonlanmaları gözlenmiştir. Maden günümüzde Mustafa Öztürk tarafından işletilmektedir.

2.1.9 Lüle Taşı (Sepiolit)

Eskişehir yöresine özgü olan Lüle Taşı, beyaz renkli, masif ve kimyasal formülü Mg₄Si₆O₁₆(OH)₂6H₂O olan bir kil mineralidir. Lüle taşı serpantin masiflerini çevreleyen breşik şekilli tüfler içerisinde, sıcak suların etkisi ile konkresyonlar (yumrular) halinde oluşmaktadır. Eskişehir'in yaklaşık 12 km güneydoğusunda mükemmel beyazlığa, saflığa, kolaylıkla işlenebilir ve yarı kıymetli taş olma özelliklerine sahip lüle taşları Türkmentokak ve Gökçeoğlu yörelerinde bulunmaktadır. Ayrıca

Sepetçi ve Nemli bölgelerinde de genellikle endüstriyel özellikte yataklar vardır.

2.1.10 Oltu Taşı

Saf karbondan, amorf biçimde oluşan "siyah kehribar" olarak da adlandırılan oltu taşı tipik sedimanter teşekküllüdür. Neojen yaşlı birimlerin 70–80 cm kalınlığındaki marıngrozu tabakası içinde azami birkaç cm kalınlığında, birkaç metre yataylık gösteren merccekler halinde bulunmaktadır. Bu tabakalar yer yer çatallanmış ve kırılmışlardır. Marin ve killerden oluşan filik karakterindeki mercceklerin, şiddetli tektonizmaya maruz kalıp kıvrımlaşarak kırıldığı tahmin edilmektedir. Maden çıkarmak için açılan galerilerde birçok bitki ve ağaç fosillerine rastlamak mümkündür. Oltu taşı siyah renkli, parlak, yoğun, yumuşak ve homojen bir linyit çeşididir. En dikkat çekici yanı, yerkabuğundan çıkarıldığında çok yumuşak hava ile temas ettiğinde sertleşen zengin kompakt bir maden oluşudur. Genellikle siyah bazen koyu kahverengi nadiren gri ve yeşilimsi renklerde bulunurlar. Çıra gibi iz çıkararak yanar, sigara külüne benzer atık bırakır. Sürtünme ile elektrikleir ve hafif cisimleri çeker.

Ayrıca volkanik lavların hızlı soğuması sonucu oluşan "Obsidyen", renksiz, temiz, berrak kuvars çeşitleri; iri taneli kuvarsın çeşidi olup, içerdiği hematit nedeni ile rengi kırmızı olan "Jasper". Yine iri taneli kuvarsın yeşil renkte olanı "krizopras", Manisa, Gördes civarında bulunan mavimsi yeşil renkli bir beril türü olan "akuamarin" kristali ve genellikle metamorfik kayalarda bulunan "Granat" grubu mineralleri Türkiye'de süstaşı kalitesinde bulunmaktadır.

Bu kadar zengin yataklanmalara sahip olan ülkemizde sadece Eskişehir, Balıkesir ve Milas bölgesinde bulunan madenler ciddi anlamda işletilmekte ve buradan çıkarılan süs taşları dünya pazarına sunulmaktadır.

3 DÜNYADA BULUNAN SÜS TAŞLARI

Dünyanın birçok bölgesinde çeşitli süs taşları çıkartılmaktadır. En berrak elmaslar Rusya'dan çıkartılırken, Burma adını dünyaya yakutuyla duyurmuş, Kolombiya zümrütleri ile ünlü olmuştur. Güney Amerika süstaşı ülkesi olarak Brezilya başı çekerken, dünyanın en yaşlı kıtası Afrika insanoğlunu cezbeden birçok süstaşının ana kaynağı olarak vazgeçilmezlik ünvanını korumaktadır diyebiliriz. Dünyanın çeşitli bölgelerinden çıkan süs taşları sadece çıkarıldıkları bölgelerde değil farklı birçok ülkede işlenerek dünya pazarına sunulmaktadır. Elmas pazarının en önemli merkezleri Belçika ve İsrail olarak bilirse de günümüzde bu yarışa Hindistan ve Çin'de büyük adımlarla yetişmiştir. Uzakdoğu ülkeleri elmas

pazarının yanı sıra renkli süstaşı işlemeciliği konusunda da birçok Avrupa ülkesi ile yarış halindedir.

3.1 Beril (Beryl)

Hegzagonal kristal sistemde kristalleşen ve alüminyum oksitten ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$) oluşan beril yeşil, sarı, pembe, portakal, kahverengi ve nadiren de kırmızı renklidir. Yeşil berile "zümrüt", sarı berile "heliodor", pembe berile "morganit", renksiz berile "goshenit" şatoyans gösteren berile "kedigözü beril", asterizm gösteren berile "yıldız beril" ve kırmızı berile "biksbit" denilmektedir. Yeşil berilin renk aralığı çok güçlü mavimsi yeşilden, sarı-yeşile doğru 2 ila 7 ton aralığında ve 1-3 doygunluğundadır. Morganit, kırmızımı portakaldan hafif morumsu kırmızıya doğru 2 ila 3 ton aralığında ve 1-4 renk doygunluğundadır. Sarı beril; yeşilimsi sarıdan portakalımı sarıya doğru 2-4 renk aralığında ve 1-4 renk doygunluğundadır. Çeşitli renklerde oluşan berile, pembe rengi manganez, sarı rengi demir, yeşil rengi ise krominyum ve vanadyum vermektedir. Ultraviyole ışık altında renksiz beril zayıf sarı veya pembe, morganit zayıf pembe ve mor etki gösterirken, heliodor inert'tir.

Dünyada major beril kaynakları Brezilya, Afganistan, Madagaskar ve Amerika'dır. Granitik pegmatitlerde ve granitlerde oluşan beril hem faset hem de kaboşon şekilde işlenmektedir.

3.2 Akuamarin (Aquamarine)

Beril grubunun üyesi olan akuamarin hegzagonal kristal sistemde ve alüminyum oksitten oluşmaktadır. Yeşilimsi maviden, mavimsi yeşil renkli ve genellikle açık tonda bir süstaşıdır. Madagaskar akuamarinini mavi renkli, Brezilya akuamarinini ise içerdiği demirden dolayı mavimsi yeşil renklidir. Akuamarin yeşilimsi maviden mavi-yeşile 2 ila 4 ton aralığında ve 1-4 renk doygunluğundadır. Ultra viole ışık altında inert'tir ve 427 nanometrede çok güçlü absorpsiyon gösterir. "Parmak izi" inklüzyona sahip olması bu taşı tanımlamada karakteristik bir özelliktir. Granitik pegmatitlerde ve kristalin şistlerde oluşurlar. Brezilya, Nijerya, Zambiya, Madagaskar, Amerika ve Rusya 'da iyi kalitede akuamarin çıkarılmaktadır.

3.3 Zümrüt (Emerald)

Zümrüt beril grubu süs taşlarının en değerli üyesidir. Açık yeşilden koyu yeşile ve çok güçlü mavimsi yeşil bir renkte olan zümrüt, aynı zamanda transparan bir görünüme sahiptir. Ancak bazı zümrütler sahip oldukları inklüzyonlardan dolayı yarı saydam (translucent) görünmektedirler. Kolombiya zümrütleri iyi kalitede ve istenilen

renklere sahiptir, Rusya zümrüteri ise daha mavimsidirler. Sandawana'da çıkarılan zümrütler de koyu renkli ancak küçük kristalli ve çok fazla inklüzyona sahiptirler. Kolombiya zümrütlerinin kalsit, pirit ve mika gibi inklüzyonlar içermesi onun tanımlanmasında karakteristik bir özelliktir.

Zümrüt, çok güçlü mavimsi yeşilden, yeşile 3-8 ton aralığında ve 2 ila 5 renk doygunluğundadır. Ultra viole ışık altında genellikle inert'tir fakat çok iyi renge sahip olanlar uzun ve kısa dalgada portakalimsi kırmızıdan kırmızıya doğru etki gösterebilirler. Dünyada en çok Kolombiya, Zambiya, Brezilya, Zimbabve, Afganistan, Rusya ve Avustralya'da bulunmaktadır.

3.4 Yakut (Ruby)

Korund grubu üyesi olan yakut hegzagonal sistemde kristalleşir ve alüminyum oksitten (Al_2O_3) meydana gelmektedir. Kırmızı kahverengi kırmızı ve portakal kırmızıdan mora doğru çeşitli renklere sahiptir. Kırmızı rengini kromiyum'dan almaktadır. Diğer renk çeşitlerine ise demir ve titanyum sebep olmaktadır. Yakut portakalimsi kırmızıdan güçlü morumsu kırmızıya kadar 5 ila 8 ton aralığında ve 4 ila 6 renk doygunluğundadır. Burma yakutları uzun dalga ultraviyole ışık altında güçlü kırmızı, kısa dalgada ise hafız kırmızı etki göstermektedir. Tayland yakutları ise uzun dalgada zayıf kırmızı, kısa dalgada ise inert'tir. Seylan yakutları da uzun dalga UV altında güçlü turuncumsu-kırmızı, kısa dalga UV altında ise turuncu-kırmızıdır.

Burma yakutları renginden dolayı ticari alanda en çok tercih edilen süs taşlarıdır. Ve taş terminolojide renginden dolayı "güvercin kanı (pigeon's blood)" olarak yer almaktadır. Afrika (Umba River) yakutları ise tipik portakalimsi kırmızı renktedir. Pegmatitlerde ve kristalin şistlerde oluşan yakut faset ve kaboşon olarak işlenir. Dünyada ki en önemli yakut kaynakları; Tayland, Burma, Kampuchea, Sri Lanka ve Kenya'dadır.

3.5 Safir (Sapphire)

Safir'de yakut gibi korund grubu süs taşlarından, hegzagonal sistemde kristallenir ve alüminyum oksitten oluşurlar. Çok açık maviden menekşe mavije ve yeşilimsi mavi renklere olan safir transparandan opağa doğru farklı görünümlere sahiptir. Safire demir ve titanyum mavi rengi verirken yapısında çok az kromiyum bulunması pembe renk almasını sağlamaktadır. Saf alüminyum oksit ise rensizdir. Rensiz safirler 1900 °C'nin üstünde titanyum oksit ile ısıtılarak renklendirilmektedirler. Korundum grubundaki sarı, mavi, pembe renk aralığındaki taşlarda safir olarak adlandırılmaktadır. Kaşmir safirleri kadifemsi, hafif menekşemsi maviyken Tayland safirleri koyu mavidir. Montana (USA) safirleri çok açık renkli

olmalarına rağmen transparan yapıya sahiptirler ve bu özelliklerinden dolayı "çelik mavisi (steely)" olarak adlandırılırlar. Avustralya safirleri doğru 2 ila 8 ton aralığında ve çok güçlü yeşil dikroizm gösterirler. Burma safirleri ise hafif morumsu mavi renktedirler ve gün ışığında mürekkep rengi görünürler. Menekşemsi maviden yeşilimsi mavije doğru 2 ila 8 ton aralığında olan safir UV kısa dalgada yeşilimsi maviyken kısa dalga UV altında portakaldan kırmızıya doğru zayıf bir etki gösterirler. Avustralya, Sri Lanka, Tayland ve Burma en önemli safir yataklarına ev sahipliği yapmaktadırlar.

3.6 Topaz

Ortorombik kristal sisteminde oluşan ve transparan bir görünüme sahip olan topaz [$Al_2(F,OH)_2SiO_4$] sarı, turuncu, kahverengi, pembeden kırmızıya ve morumsu-kırmızıya ve açık yeşil renklere sahiptir. Bazı mavi ve sarımsı-turuncu topazlar şatoyansi özelliğe sahiptir. Kahverengimsi sarıdan turuncu-sarı kahverengije doğru renk çeşitliliği gösteren topaza sherry topaz, koyu turuncudan çok koyu turuncu-kırmızıya renk çeşitliliği gösteren topaza ise hyacinth topaz denmektedir. Topaza pembe ve kırmızı rengi kromium verirken diğer renklere ise çeşitli renk merkezleri sebep olmaktadır. Topaz sarıdan kırmızıya 2 ila 8 ton aralığında ve çok açık yeşilimsi maviden, mavije doğru da 2 ila 7 ton aralığında bulunmaktadır.

Absorbsiyon spektrada tanımlanamayan topaz UV ışık altında sarıdan kahverengine ve pembeden kırmızıya, uzun dalga UV de genellikle zayıftan ortaya portakal-sarı görünürken kısa dalgada genellikle çok zayıf görünür. 2 veya 3 fazlı inklüzyon göstermesi tanımlanması açısından önemlidir ve tek yönde çok iyi klivaj göstermektedir. Başta Brezilya ve Nijerya olmak üzere Avustralya, Burma, Meksika, Namibya, Pakistan ve Sri Lanka da önemli major kaynaklar bulunmaktadır.

3.7 Aleksandirit (Alexandrite)

Krisoberil ailesinin bir üyesi olan aleksandirit ortorombik sistemde kristalleşmektedir. Ortamda bulunan ışığın değişimi ile farklı renklere dönüşen ilginç bir süs taşıdır. Renginin sebebi içerdiği kromiyum'dur. Gün ışığında çok güçlü mavimsi yeşilden sarımsı yeşile 2-8 renk tonlarında ve 1-2 renk doygunluğu verirken, akkor ışıkta turuncumsu kırmızıdan morumsu kırmızıya 2-8 arası renk tonu ve 1-3 arası renk doygunluğu vermektedir.

Absorbsiyon spektrada 680.5 ve 678.5 nm.'de iki güçlü hat gösterirken 665,655 ve 645 nm. de zayıf bir hat göstermektedir. Hem uzun hem de kısa dalga UV ışık altında hareketsizden orta kırmızıya çok hafif bir etki göstermektedir. Granitik pegmatitlerde, granitlerde ve mika şistlerde oluşan aleksandiritin

renk değiştirmesi ve şatoyansı özelliği onun için önemli bir penomendir. Parmak izi inkilüzyonu ve renk değiştirme özelliği ise taşı tanımlamada karakteristik bir özelliktir.

1830 yılında Çarlık Rusyasında keşfedilen aleksandrit adında Çar II. Aleksandr'dan almaktadır. Rusya'nın Ural dağlarındaki orijinal kaynak yıllar önce kapatılmıştır. Brezilya, Zimbabwe ve Sri Lanka' da bazı bölgelerde de aleksandrit bulunmaktadır fakat Rus Aleksandriti kadar üstün renk değişimlerine sahip değildirler.

3.8 Elmas (Diamond)

Elmas saf karbondan oluşan ve kübik sistemde billurlaşmış bir mineraldir. Dünya üzerinde bilinen en sert mineraldir, elması ancak elmas çizebilir. Elmanın bu kadar sert olmasının sebebi sisteminin sıkıca kenetlenmiş karbon atomlarından meydana gelmesidir. Elmaslar, kimberlit adı verilen bacalardan ve yerkabuğunun derinliklerinde aşırı basınç ve ısı dolayısıyla oluşurlar. Basınç arttıkça gaz yarıklarda toplanıp patlayarak toprağın yüzeyinde çukur oluşturur. İçinde elmas bulunan kimberlit yarıklardan dışarı çıkar ve çukuru doldurur. Kimberlit yüzeyin üstüne yükselir ve tekrar bir açılma olabilir. Doğanın bir döngüsüdür bu olay. Bilindiği üzere "elmas" madenin ismidir, ancak pırlanta, elmanın 57 fasetli kesimine verilen adıdır. Pırlanta üç bölümden oluşur; taç bölümü, kemer bölümü ve külah bölümü. Pırlanta, renk (color), karat (carat), berraklık (clarity) ve kesim (cut) yani 4C özelliklerine göre dört bölümde sınıflandırılırlar.

3.8.1 Renk

Pırlantanın rengi uluslar arası standartlara göre değerlendirilir. Bu değerlendirme D'den başlayıp Z'ye kadar uzanmaktadır Tablo 1. Tablonun sağ tarafında IDC, orta kısmında GIA standartları, sağda ise çıkarıldıkları maden isimleri yer almaktadır.

3.8.2 Karat (Carat)

Mücevher taşlarının tümünün ağırlığı karat ile ifade edilmektedir. 1 karat = 0,2 gramdır. Gramın beşe birine denk gelen karat 100 puandan oluşur. Türkçe de bu puanlara santim denmektedir. 0.2 karat = 20 santimdir.

Karat yükseldikçe fiyat artar. Ancak fiyat aynı birim fiyatı üzerinden değil kademeli olarak artmaktadır. Yani 0.50 ct elmanın fiyatı aynı kalitedeki 1.00 ct lık taşın yarısı değildir çok daha azıdır.

Tablo 1. Uluslar arası Renk Standartları

IDC	GIA	Eski İsimler
Exceptional White +	D	Jager
Exceptional White	E	River
Rare White +	F	River
Rare White	G	Top Wesselton
White	H	Wesselton
Slightly Tinted White	I	Top Crystal
Slightly Tinted White	J	Crystal
Tinted White	K	Top Cape
Tinted White	L	Top Cape
Tinted Colour	M - Z	Cape - Yellow

3.8.3 Berraklık

Berraklık, bir taşın içinde ya da yüzeyinde bulunan izler, kusurlar ve hasarlarla ilgilidir. Bu izlerin görünebilirliğine göre bir standart belirlenir. Berraklık bir sistem dâhilinde incelenir. Taşların içindeki izlerin yerleri, karakterleri ve görünebilirliği tayin edilip incelenir. Berraklık standartlarının açıklmaları kısaca şöyledir;

LC - Loupe Clean (Lup Temizi): 10 büyütme mercekle bakıldığında dahi görünmesi mümkün olmayan izler.

VVS - Very Very Small Inclusions (Çok Çok Küçük İzler): Lup ile görülmesi çok zor olan bu izler ancak mikroskop yardımıyla deneyimli bir gözlemci tarafından görülebilir.

VS - Very Small Inclusions (Çok Küçük İzler): Lup ile ilk bakışta fark edilmeyen ancak uzun bir incelemeden sonra göze çarpan küçük izlerdir.

SI - Small Inclusions (Küçük İzler): Lup ile ilk bakışta fark edilen fakat çıplak gözle görülmeyen izlerdir.

Pique - Pike: Çıplak gözle görülebilen izlerdir. Tüm bu izlerin standartları renklerine, boyutlarına ve yerlerine göre kendi içlerinde bölümlere ayrılmaktadır.

3.8.4 Kesim (Cut)

Renk, berraklık ve karat özelliklerinin her birini doğa belirler. Kesimi ise insanoğlu belirlemektedir. Kesim değerlendirmesinde temel alınan, külah ve taç açılarıdır. Işığın pırlanta içindeki yansımalarının optimum olması sağlanmalıdır. Külah derinleştikçe ışığın yönü değişir ve büyük kısmı kaybolur.

Taşın içi karanlıkta görülür ve bu taşa "ölü taş" denir. Külah açısı daraldıkça kemerin yansımaları tabla içinde görülür, bu taşa da "kedigözü" denilmektedir. Işık oyunlarının pırlantada

görebilmemizin sebebi pırlantanın şeffaf olmasıdır. Sahip olduğu yüksek kırılma indisi (2.417 – 2.419) ise pırlantaya diğer süstaşlarından daha fazla ve farklı bir parlolu (dispersiyon) vermektedir.

Türkiye ve Dünya’ da bulunan süs taşları tabii ki burada anlatılanlar ile sınırlı değildir. İnsanoğlunun sırrını çözmeye çalıştığı doğanın eşsiz güzellikleri arasından belki de en derin ve en güzel konu olan taşları incelemek, onların doğadaki yapısı, özellikleri ve işlenmesi gibi konuları içeren bu kısa çalışma, taşların aslında insan hayatının nasıl bir parçası olduğunu anlatmaya çalışmaktadır.

4 SONUÇLAR

Süs taşları, milyonlarca yıl önce yerkabuğunun içinde insanoğluna hediye edilmiş ve insanoğlunun asırlardır en değerli hazinesi olmuştur.

Diaspor, Türkiye’den başka dünyada ender bulunan ve alüminyum hidroksit içeren iri ve şeffaf kristalli ve ülkemiz süs taşları arasında büyük önem taşıyan bir mineraldir.

Ateş opali, Kütahya’nın Simav ilçesinde bulunmaktadır. En değerli ateş opalleri Meksika ve Türkiye’de çıkmaktadır.

Kemererit, mineral koleksiyoncularının en çok rağbet ettiği ve Türkiye’ye özgü nadir taşlardan biridir.

Oltu taşı, ülkemizde sadece Erzurum’da işletilmekte ve buradan çıkarılan taş dünya pazarına sunulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bayraktar, A., 2003, KTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Bölümü Staj Notları.
- Bauver, J., 2000, Minerals, Rocks and precious Stones, Prauge.
- Dora,Ö., Hatipoğlu, M., 2005, “Türkiye de antik bir süstaşı malzemesi olan Sarıcakaya (Eskişehir) Kalsedonunun jeolojik yerleşimi, minerolojik-gemolojik özellikleri ve madenciligi”, Uluslar arası Değerli Taşlar ve Metaller Sempozyumu, İstanbul, Bildiri Kitabı, S. 193-215.
- Genis,R., 2006, “Color Change-Diaspore” , Rapaport Diamond Report, Vol.29, No5, p.183-185.
- Gemological Institute of Amerika 1995, Gem Reference Guide.
- İçözü,T., 2005, “Güğü Ametist oluşumunun Gemolojik Özellikleri”, Uluslar arası Değerli Taşlar ve Metaller Sempozyumu, İstanbul, Bildiri Kitabı, s. 245-256

Doğu Karadeniz Kuvars Yatakları ve Piezoelektrik Teknoloji

A. Kaygusuz & H. Kolaylı, M. Vıcıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

İ. Alp & E. Y. Yazıcı

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Piezoelektrik etki 19. yüzyılın sonunda Pierre ve Jacques Curie kardeşler tarafından bulunmuştur. Piezo-malzemeler özellikle son zamanlarda tıbbi, askeri vb. uygulamalarda geniş kullanım alanı bulmaktadır. Doğal kristal kuvarsin piezoelektrik özelliğinin keşfi kuvars kristallerinin önemini artmıştır. Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Turnalı (Çaykara) ve Kuştu (Maçka) kuvars kristallerinin fiziksel özellikleri, kristal sistemleri, oluşum şekilleri ve sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklıkları belirlenmiş ve bu kristallerin piezoelektrik teknolojide kullanılabilirliği tartışılmıştır.

ABSTRACT: Piezoelectric effect was first discovered by Jacques and Pierre Curie in the late 1800s. Recently piezo-materials has started to utilized in many industries including medical and military applications. The piezoelectric property of natural quartz crystal has made it more important than ever. In this study the quartz crystals which exposed around Turnalı (Çaykara) and Kuştu (Maçka) were investigated. Physical features (weight, density), crystal systems, homogenization temperatures within inclusions, and growth behaviour and forms of the crystals have been examined using the crystal samples taken from Turnalı and Kuştu. The evaluation of Eastern Karadeniz region quartz deposits in piezoelectric technology was also discussed.

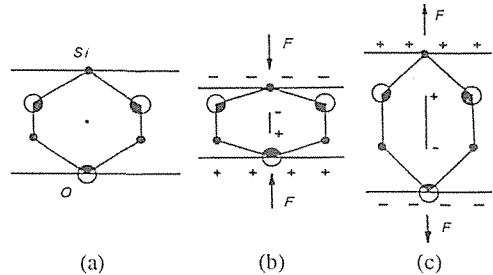
1 GİRİŞ

Piezoelektrik etki 1880 yılında Pierre ve Jacques Curie kardeşler tarafından bulunmuştur (Bottom, 2003). Araştırmalarında turmalin, kuvars, topaz, rochelle tuzu vb. çeşitli kristallerin mekanik etkiye maruz kaldıklarında yüzeylerinde oluşan yükleri belirlemiş ve direkt piezoelektrik etkiyi ortaya koymuşlardır. Lippman tarafından teoride öngörülen ters piezoelektrik etki, Curie kardeşler tarafından 1881 yılında kanıtlanmıştır (Garcia vd., 1998).

Piezoelektrik etki, bir enerji türünün diğer enerji türüne dönüştürülmesidir. Piezoelektrik özellik gösteren bir malzemeye mekanik yük uygulandığında malzemenin yüzeylerinde elektrik yükleri oluşur. Buna direkt piezoelektrik etki denir. Piezo-malzemeye bir potansiyel fark uygulandığında ise malzeme mekaniksel şekil değişimine uğrar. Bu olaya ters piezoelektrik olay denir (Şekil 1).

Kuvars kristali (SiO_2) turmalin, topaz vb. doğal piezoelektrik özellik gösteren malzemeler sınıfına girmektedir. Özellikle son zamanlarda doğal olmayan malzemeler; sentetik piezo-kuvars, piezo-seramikler (baryum titanat- BaTiO_3 , kurşun zirkonat

titanat-PZT) ve galyum fosfat (GaPO_4) keşfedilmiştir (Bar-Cohen vd., 1996).



Şekil 1. (a) Kuvarsin kristal yapısı, Direkt piezoelektrik etki; (b) basınç ve (c) çekme kuvveti altında (Alp, 1998).

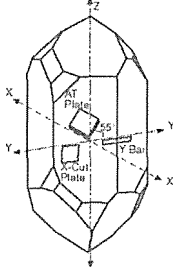
Piezoelektrik teknolojide (örneğin osilatör veya rezonator olarak) kullanılmak istenen kuvars kristali X, Y, Z eksenleri boyunca kesilmelidir. Kristal eksenlerinin belirlenmesi için X-ışınları kullanılmaktadır (Vigoureux, 1950).

Elde edilmek istenen frekans tipi ve değerine göre kristalin kesim yönü ve kalınlığı seçilmektedir. Kristalin kesim kalınlığı frekans değerini, kesim yönü ise titreşim özelliklerini belirlemektedir. Yüksek frekansta (>100 MHz) çalışan malzeme

üretebilmek için kuvar kristalinin kesim kalınlığı çok ince olmalıdır (Balazik, 1995). X-kesim rezonatörler <1 MHz frekansa sahip ve boyuna titreşim üreten piezo-malzemelerin üretiminde kullanılırken, Y-kesim rezonatörler >1 MHz frekansta ve enine titreşim üreten malzemelerin yapımında kullanılmaktadır (Alp, 1998; Bradshaw, 2000). Şekil 2’de kuvars kristali ve çeşitli kesim yönleri görülmektedir. X- ve Y-kesim dışında AT, BT, CT, DT, ET, FT, GT, NT, MT ve AC kesimleri de mevcuttur (Vigoureux, 1950). Özellikle kristal kontrollü osilatörlerin yapımında GT kesim uygulanmaktadır (Goldman, 1992).

Kristal uygun şekilde kesildikten sonra, iki kristal yüzeyi altın, gümüş, alüminyum vb. iletken bir metal ile kaplanır. Kaplama işlemi için birçok yöntemin olmasına rağmen en çok tercih edilen yöntem metalin havasız ortamda buharlaştırılarak kaplanmasıdır. Metal kaplama işleminden sonra kaplanan yüzeylere elektrotlar yerleştirilerek piezo-malzemenin nitelikleri belirlenir.

Frekans kontrollü için birçok kristal kullanılabilmesine rağmen kuvars kristali üstün ısı, kimyasal, fiziksel ve elektriksel özellikleri nedeniyle en çok tercih edilen kristaldir (Bottom, 2003).



Şekil 2. Kuvarsın X, Y, Z eksenleri ve bazı kesim yönleri

Piezoelektrik malzemelerin kullanım alanları enerji dönüşüm yönüne göre üç bölüme ayrılabilir:

Mekanik Enerji → Elektrik Enerjisi Dönüşümü

- Pikap kartujları
- Mikrofonlar
- Titreşim algılayıcıları
- Hızölçerler
- Gaz ateşleyiciler
- Sigortalar

Elektrik Enerjisi → Mekanik Enerji Dönüşümü

- Valfler
- Mikro pompalar
- Kulaklıklar
- Ultrasonik temizleyiciler
- Sonik dönüştürücüler

Elektrik → Mekanik → Elektrik Enerjisi Dönüşümü

- Yüzey akustik dalgaölçerler
- Sonarlar (deniz araştırmasında)
- Osilatörler (salıncı)
- Transformatörler

Askeri uygulamalarda, uzayla ilgili çalışmalarda ve diğer birçok uygulamada kuvars kristalleri yüksek performans ve düşük maliyetlerinden dolayı tercih edilmektedir. Bunların dışında, tüketimi daha yaygın olan saat ve mikroişlemci gibi alanlarda da kuvars kristali tercih edilmektedir (Austin, 1994; Abraham, 2001).

Doğal kuvars kristali ilk defa II. Dünya savaşında stratejik bir malzeme olarak önem kazanmıştır. Savaş sırasında askeri mobil radyolarda ve iletişimde kullanılmıştır. Günümüzde de askeri sistemlerde komuta, kontrol ve haberleşmedeki kullanımı ve karışık elektronik sistemlerdeki gelişme kuvarsın önemini artırmaktadır. Askeri uygulamalar çoğu zaman piezoelektrik teknolojideki gelişmelere liderlik etmiştir (Bottom, 2003).

Elektrik ve optik uygulamaları için doğal kuvars kristalleri kullanılmasına karşın özellikle 1971 yılından sonra sentetik kuvars kristali maliyetinin doğal kuvarsa göre düşük olması sebebiyle daha çok tercih edilmiştir. Sentetik kuvars üretiminde çekirdek malzemesi olarak doğal kuvars kullanılmaktadır. Sentetik kuvars üretimi özellikle Çin, Japonya, Rusya ve ABD tarafından yapılmaktadır. Askeri uygulamalarda kullanılmasıyla stratejik önem kazandığı için Amerikan Ulusal Savunma Birimi stoklarında 1995 yılına kadar 109 ton doğal kuvars kristali bulunmaktaydı. Bu yıldan sonra kuvars stoklarında sadece 7 tonluk bir azalma yapıldı (Balazik, 1995).

Piezoelektrik kristaller ve kristal cihazlar için Kuzey Amerika piyasası 2001 yılında 1,15 milyar dolardır. Yıllık %10’luk ortalama büyüme oranıyla 2006 yılında 1,86 milyar dolar olması beklenmektedir. Kuzey Amerika piezoelektrik kristal endüstrisi 150 kadar üretici ve ithalatçı şirketten oluşmaktadır (Rajan, 2001).

Türkiye’de bilinen kristal kuvars yatakları; Mersinbeleni (Koçarlı-Aydın), Madran (Aydın), Foça (İzmir), Bayramiç ve Ezine (Çanakkale) yörelerinde yer almaktadır (Temur, 1994). Türkiye’nin şu anda kristal kuvars bakımından ekonomik potansiyele sahip olmadığı söylenebilir. Fakat kuvars rezervlerinin belirlemeye yönelik araştırma çalışmaları yetersizdir (DPT, 2001).

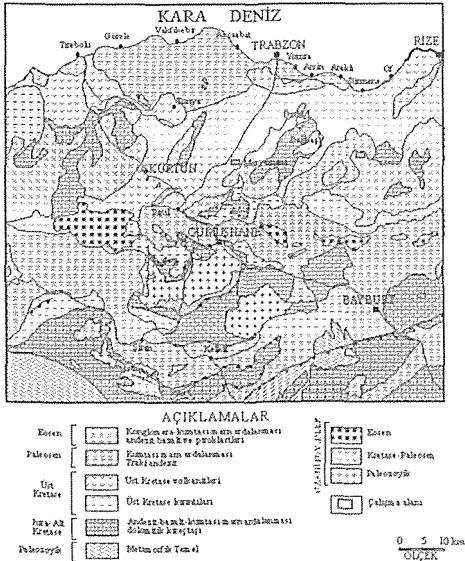
2 TURNALI VE KUŞTUL KUVARSLARI

Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Turnalı (Ögene-Çaykara-Trabzon) ve Kuştul (Esiroğlu-Maçka-Trabzon) kuvars yataklarının jeolojik haritası Şekil 3’te sunulmuştur. Karadeniz bölgesi petrografik açıdan magmatik kayalarla temsil edilir. Trabzon ve çevresinde özellikle Mesozoik ve Senozoik yaşlı volkanik kayalar yüzeylenir. Dazitik ve andezitik kayaların bulunduğu yerlerde hidrotermal olarak oluşmuş birçok kuvars ve kalsedon oluşumları gözlemlenmiştir.

Turnalı (Ögene-Çaykara) civarında Alt Kretase yaşlı volkanik kayalar (andezit-bazalt-spilit) ve piroklastiklerle ilgili kireçtaşı ve marllar yüzeylenir. Daha sonra bu kayalar Tersiyer yaşlı granodiyorit/kuvarslı diyoritlerle kesilmişlerdir. Bu asit derinlik kayaları ile kireçtaşı dokanağında veya yakın yerlerinde skarn zonları oluşmuştur. Boyları 50-100 m'ye, genişlikleri 30-40 m'ye varan halka şekilli bu skarn zonlarında başlıca granat (>%60), epidot ve kuvars, daha az oranda da kalkopirit, pirotin ve manyetit bulunur. Turnalı'daki kuvars kristalleri skarnlar içinde bulunan bir çatlak zonunu doldurmaktadırlar. Turnalı ve Kuştu kuvarslarının bazılarında ikizlenmeler gözlenmiştir.

Kuştu (Esiroğlu-Maçka) civarında Jura-Alt Kretase yaşlı spilit ve çok altere bazik piroklastikler ile masif kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı andezitik piroklastikler ve volkano tortul birlikler yüzeylenir. Genelde tabaka yüzeylerine paralel olarak sokulum yapan dasitler yer yer de tabakaları kesen çatlaklara yerleşmişlerdir. Söz konusu Kuştu kuvars megakristalleri andezitik tüfitler içerisinde ve hidrotermal getirimi sağlayan dasitik dayk ve siller etrafında yoğunlaşırlar.

Bu çalışmada Turnalı ve Kuştu kuvarslarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Homojenleşme sıcaklıkları kristaller içindeki sıvı kapanımlar yardımıyla belirlenmiştir. Söz konusu kuvarsların piezoelektrik teknolojiye uygunluğu tartışılmıştır. Piezoelektrik teknolojiye kullanılan kristallerin ikizlenme, çapraz büyüme vb. fiziksel kusurlarının olmaması istenir. Sıvı kapanımlar kristalin piezo-malzeme olarak kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyebilir.



Şekil 3. Çalışma bölgesinin jeolojik haritası

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

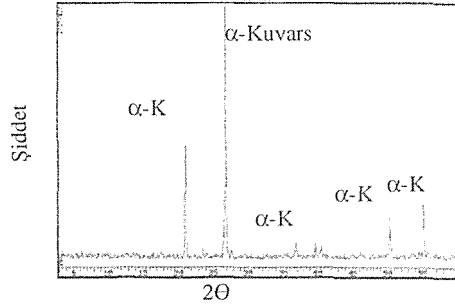
3.1 Malzeme ve Yöntem

Çalışmada kullanılmak üzere Turnalı ve Kuştu bölgesinde sırasıyla 77 ve 50 numune alınmıştır. Numuneler asitle yıkandıktan sonra fiziksel ve mineralojik özellikleri incelenmiştir. Kuvars kristallerinin SiO_2 içeriği XRD analiziyle belirlenmiştir (Şekil 4).

3.2 Mineralojik Özellikler

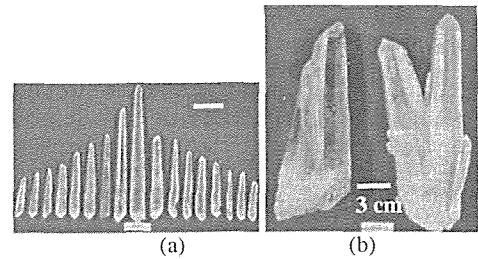
Turnalı ve Kuştu kuvarslarının yoğunlukları sırasıyla, 2.62 gr/cm^3 ve 2.63 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir. Bu değerler α -kuvarsların ortalama yoğunluğuna daha yakındır (d_{α} : 2.65 gr/cm^3 , d_{β} kuvars: 2.52 gr/cm^3) (Klein, 1985).

Turnalı ve Kuştu kuvarsları özşekli veya yarı özşekli yapıdadır. Turnalı kristalleri çatlak açıklığı 2-60 cm (ort. 40-50 cm) olan yarıklarda yerleşmiştir. Kristal uzunlukları 1-30 cm arasındadır ve uzunluk/genişlik oranı 5-10'dur. Ağırlıkları 0,5-750 gr arasında değişmektedir (Şekil 5).

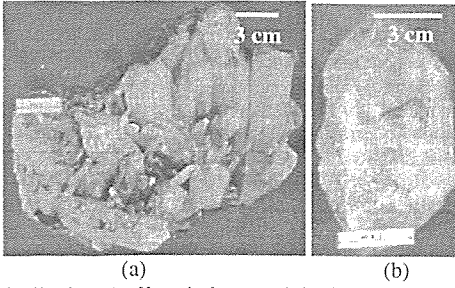


Şekil 4. Kuştu kuvarslarının XRD analizi

Kuştu bölgesi kuvars kristallerinin uzunlukları 0,3-10 cm arasında olup uzunluk/genişlik oranı 1-2'dir (Şekil 6).



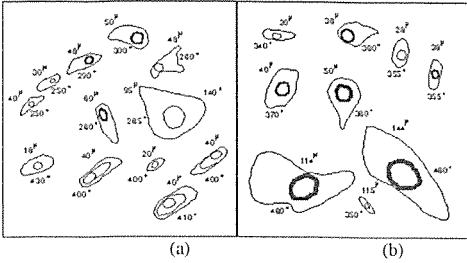
Şekil 5. (a) Turnalı kuvars kristalleri, (b) Turnalı kuvarslarındaki çapraz büyüme



Şekil 6. (a) Kuştu kuvars kristalleri, (b) Kuştu kuvarsındaki iskeletimsi yapı

3.3 Sıvı Kapanım İncelemeleri

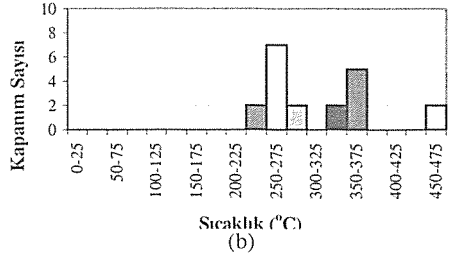
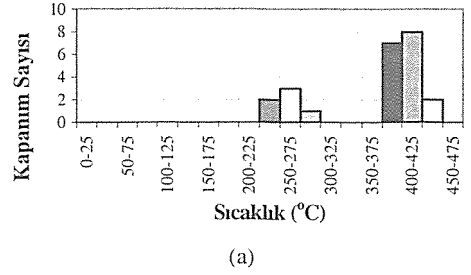
Turnalı iri kuvars kristallerinde tespit edilen sıvı kapanımlar düzgün şekilli birincil kapanımlar olup, boyutları 18-95 μ arasında değişmektedir (Şekil 7a). Kapanım şekilleri genelde elips ve az bir kısmı üçgen şeklindedir (Şekil 7a).



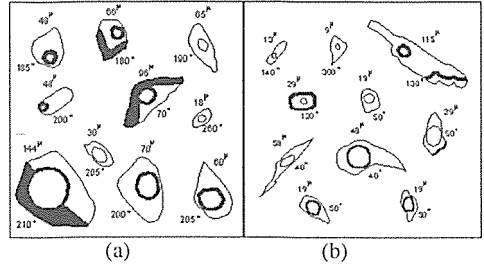
Şekil 7. Turnalı kristallerinin sıvı kapanım şekilleri (a) iri (b) orta-küçük boylu kuvars kristalleri

Kapanım sıvıları genelde tek tip olup üç adet kapanımda iki sıvılı kapanımlar belirlenmiştir. Kapanımların gaz kabarcıkları da küçüktür. Beş adet kapanımın kabarcık çevresinde sıvı CO₂ bulunmaktadır. Şekil 8a'da görüldüğü gibi iri kuvars kristalleri 250-300°C ve 301-430°C olmak üzere iki farklı homojenleşme aralığında oluşmuşlardır. Bu verilere göre Turnalı iri kuvars kristallerinin hidrotermal homojenleşme aşamasında (orta ısı-mezotermal ve yüksek ısı-hipotermal) kristallendiği belirlenmiştir.

Turnalı'nın orta-küçük kuvars kristallerinin sıvı kapanım boyutlarının 18-144 μ arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 7b). Turnalı'nın orta-küçük boy kuvars kristallerinin sıvı kapanımlarının birincil kapanımları düzgün şekilli olup, şekilleri; elips, üçgen, kare ve damla şeklindedirler. Kapanımların yarısına yakını ise sıvı CO₂ kabarcıklı kapanımlar olup tuzluluk oranları azdır. Homojenleşme histogramlarına bakıldığında (Şekil 8b) 255°C - 280°C ve 340°C-460°C olmak üzere iki grup homojenleşme ısısı gözlemlenmiştir. Bu homojenleşme ısı aralığı iri kuvars kristallerinde olduğu gibi hidrotermal safhalarına eşdeğerdir.



Şekil 8. Turnalı kuvarslarının sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (a) iri (b) orta-küçük boylu

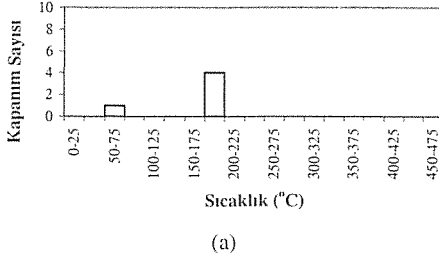


Şekil 9. Kuştu kristallerinin sıvı kapanım şekilleri (a) iri boylu (b) orta-küçük boylu kuvars kristalleri

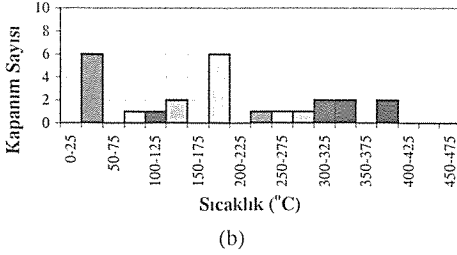
Kuştu iri kuvars kristalleri sıvı kapanım incelenmesinde sıvı kapanım boyutları 30-144 μ arasında değişmektedir (Şekil 9a). Kapanım şekilleri, elips, üçgen, damla, trapez ve düzgün olmayan altıgen şekillerindedir (Şekil 9a). Homojenleşme ısı aralığı 70°C-210°C arasında değişmektedir (Şekil 10a). Bir tek 70°C hariç diğer sıcaklıklar 180°C-210°C arasındadır. Bu verilere göre Kuştu iri kuvars kristalleri hidrotermal tip cevherleşmenin epitermal-mezotermal safhasında oluşmuşlardır.

Kuştu orta-küçük boy kuvars kristallerinde kapanım boyutları 9-240 μ arasında olup kapanım şekilleri; elips, çubuk (lata), üçgen, trapez (yamuk), dikdörtgen, çok şekilli ve deformatiyonlu şekillerdir (Şekil 9b). Kapanım gaz kabarcıklarının çoğu küçük boyutludur. Büyük kapanımların bir kısmının gaz

kabarcığı sıvı CO₂ içermektedir. Birkaç adet kapanım ise iki sıvıdır. Kuştu orta-küçük kuvars kristallerinin homojenleşme ısıları 40⁰C-400⁰C arasında değişmektedir (Şekil 10b). Homojenleşme grafiğine baktığımızda (Şekil 10b) hidrotermal oluşumun her safhasında (epitermal, mezotermal, hipotermal) kristalleşmeler olduğu görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 10. Kuştu kuvarslarındaki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları (a) iri boyulu (b) orta-küçük boyulu kuvars kristalleri

Turnalı ve Kuştu kuvarslarının homojenleşme sıcaklıkları (<573⁰C) bu kristallerin α-kuvars olduğunu göstermektedir (Şekil 8b ve 10b).

Sıcaklık 573⁰C'ye yaklaştığında α-kuvars β-kuvarsa dönüşmektedir. Bu metamorfizma sırasında piezoelektrik özelliklerini önemli ölçüde kaybetmektedir. Bu yüzden β-kuvars piezoelektrik teknoloji için uygun değildir (Bradshaw, 2000).

4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi kuvars yataklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş ve bu kristallerin piezoelektrik teknolojiye uygunluğu tartışılmıştır. Günümüzde piezoelektrik malzemeler saat, mikroişlemci vb. günlük kullanımlardan askeri uygulamalara kadar her alanda kullanılmaktadır. Kuvars kristalleri sahip olduğu özellikler sebebiyle piezoelektrik teknolojiye kullanılan en önemli piezo-malzemelerden biridir. Piezoelektrik uygulamalarda kullanılacak kuvars kristallerinin fiziksel kusurlarının (ikizlenme, çapraz büyüme vb.) en az olması istenir. Çünkü bu kusurlar

kristalin piezoelektrik uygulamadaki etkinliğini önemli ölçüde azaltır.

Yapılan sıvı kapanım çalışmaları sonucunda Turnalı ve Kuştu bölgesi kuvars kristallerinin hidrotermal aşamada oluşmuş α-kuvars olduğu bulunmuştur. Kristallerin içerdiği sıvı kapanımların boyutları da belirlenmiştir. Sıvı kapanımlar bir kristalin piezoelektrik teknolojiye uygunluğuna ait fikir verebilir, çünkü kapanımlar kristalin piezoelektrik özelliğini olumsuz yönde etkiler.

Turnalı ve Kuştu kuvars kristellerinin piezoelektrik malzeme olarak kullanılabilirliğini belirlemek için daha detaylı çalışma gerekmektedir.

Ülkemizde şu anda piezoelektrik malzeme ve teknoloji alanında bir uygulama bulunmamaktadır. Türkiye'de bulunan az sayıda doğal kuvars kristali yatakları doğrudan piezo-malzeme olarak veya yapay kuvars üretiminde çekirdek kristal olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abraham, T., 2001. Piezoelectric Crystals and Devices, Business Communications Company, Inc., Norwalk.
- Alp, İ., 1998. Ultrases Dalgalarının Cevher Hazırlamada Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Osman Gazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Austin, G. T., 1994. Quartz Crystal, U.S. Geological Survey. Mineral Resources Program, USA.
- Balazik, R. F., 1995. Quartz Crystal, U.S. Geological Survey. Mineral Resources Program, USA.
- Bar-Cohen, Y., Xue, T., Lih, S., 1996. Polymer Piezoelectric Transducers for Ultrasonic NDE. NASA NDE Working Group, California.
- Bottom, V. E., 2003. A history of the Quartz Crystal Industry in the USA. Corning Frequency Co., Texas.
- Bradshaw, L., 2000. Understanding Piezoelectric Quartz Crystals. Texas Tech. College, Texas.
- DPT, 2001. Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu-Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu-Toprak Sanayii Hammaddeleri III (Kuvars Kumu-Kuvarsit-Kuvars) Çalışma Grubu Raporu (www.dpt.gov.tr)
- García, S., Kunitz, E., Sampson, K., 1998. Piezoelectric Effect and Its Applications. ICE Institute for, Chemical Education, Madison, Wisconsin.
- Goldman, R., 1962. *Ultrasonic Technology*. Chapman&Hall, London.
- Klein, C., 1985. *Manual of Mineralogy*. John Wiley and Sons, New York.
- Rajan, M., 2001. North American for Piezoelectric Crystals and Crystal Devices to Grow at an AAGR of 10%. Business Communications Company, Inc., Norwalk.
- Temur, S., 1994. *Endüstriyel Hammaddeler*. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Vigoureux, P., Booth, C.F., 1950. *Quartz Vibrators and Their Applications*. Department of Science and Industrial Research, London.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Bulunan Taş Ocak Sahalarının İşletme Teknikleri Yönünden İncelenmesi, Etkileri, Sorunlar ve Çözüm Önerileri

A. Tatarhan

UBM A.Ş. Kontrollük ve Danışmanlık, Mühendislik Hizmetleri, Rize, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde özellikle kamu yatırımları artışının bir sonucu olarak faaliyete geçen taş ocaklarında yürütülen üretim faaliyetlerinin bir analizi yapılmaktadır. Ocak işletme ve malzeme üretim yöntemlerinin yanı sıra uygulanan yöntemlerin çevresel etkileri tartışılmaktadır. Ayrıca söz konusu taşocaklarında uygulanabilecek güvenli/ekonomik işletme süreçleri ve çevresel etkilerini en aza indirmek üzere alınabilecek önlemler sunulmaktadır.

ABSTRACT: This paper gives an analysis of the production processes employed in the quarries which have been started to production as a result of the increase of the public investments in Eastern Black Sea Region. Environmental effects of the production methods employed are discussed, in addition to the quarrying and material production methods. Further, the production methods that can be applied safely-economically and the measures to decrease the environmental hazards of the current quarrying applications are presented.

1 GİRİŞ

Ülke ekonomilerinin en önemli çarklarından biri olan inşaat sektörü, her geçen gün artan ve gelişen bir ivme ile ülkemizde de fazlası ile ağırlığını hissettirmektedir. İnşaat sektörünün içinde bulunduğu bu durum, paralelinde diğer sektörlerdeki iş kollarının da ivme kazanmasına neden olmaktadır.

Madencilik sektörünün iş kollarından biri olan "Taş Ocak İşletmeciliği" de, inşaat sektörün can damarı olan hammadde ihtiyacının karşılamasındaki konum ve önemi itibarı ile inşaat sektöründen kaynaklanan bu hareketlilikte yerini almaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesinde, inşaat sektörünün hareketliliği ve gelişimi, sadece bina inşaatları yönünde değildir. Ülkemizin enerji sektöründeki açığını karşılamak amacıyla Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılmakta olan baraj ve hidroelektrik santral inşaatları, Karadeniz Bölgesinin ulaşım sorununu çözmek amacıyla başlatılan ve yapım çalışmaları son hızla devam eden "Doğu Karadeniz Devlet Sahil Yolu İyileştirme Projesi", ve bu proje paralelinde yapılmakta olan ve Doğu Karadeniz Bölgesindeki balıkçılık sektörünün ve yat turizminin kalkınmasına önemli ölçüde katkıda bulunacak olan balıkçı barınakları, çekek yerleri ve yat limanları inşaatı ile yine bölgemizde çok sayıda bulunan büyüklü küçüklü dere yataklarının ıslah çalışmaları, Doğu Karadeniz Bölgesindeki inşaat sektörünün diğer çalışma alanlarını oluşturmaktadır.

Yukarıda konu edilen tüm proje çalışmalarındaki tahkimat, dolgu, beton, asfalt vb. tüm alt ve üst yapı imalatları için gereken hammadde ihtiyacı bölgemizdeki taş ocak işletmeciliğinin önemini daha da artırmıştır. İnşaat sektöründeki bu çalışmalar sırasında, beton imalatlarında gereken agrega ve kum hammadde ihtiyacının genelde dere veya deniz yataklarından temin edilmesi yönünde tercih yapılırken, tahkimat, dolgu ve yol üst yapı işleri vb. diğer imalatlar için gereken taş ve agrega hammadde ihtiyacının ise taş ocaklarından temin edilmesi yoluna gidilmektedir.

2 DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ'NDE FAALİYET GÖSTEREN TAŞ OCAKLARI

2.1 Bölgede Mevcut Durum

Ülkemizin tüm bölgelerinde olduğu gibi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde de gerek özel sektör tarafından gerekse devlete ait kurum ve kuruluşlar tarafından çeşitli amaçlarla taş ocak işletmeciliği yapılmaktadır. Fakat diğer bölgelerde özel sektöre ait ruhsatlı taş ocağı sayısı, Doğu Karadeniz Bölgesindeki özel sektöre ait ruhsatlı taş ocağı sayısına belirgin oranda artış göstermekte olup, Doğu Karadeniz Bölgesindeki taş ocaklarının büyük bir kısmı devletin kamu kurum ve kuruluşları adına ruhsatlı sahalardır.

Bunun nedeni diğer bölgelerde faaliyet göstermekte olan özel sektöre ait firmalar, özellikle bina vb. inşaat işlerine gereken agrega ihtiyacını karşılamak için taş ocak işletmeciliği yapmayı tercih ederken, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ise, tabiat yapısından kaynaklanan arazi şartlarının yarattığı işletme zorlukları ve bu bölgede bol miktarda kum ve çakıl ihtiva eden çok sayıda dere yataklarının bulunması ve bu dere yataklarından malzeme alınımının daha kolay olması, bu yöredeki özel sektöre ait firmaların söz konusu işlere malzeme temin etmek için taş ocak işletmeciliği yerine dere ocaklarının kullanımını tercih etmesine neden olmaktadır.

Fakat Doğu Karadeniz Bölgesi'nde özel sektör adına ruhsatlı çok az sayıda taş ocak sahası bulunmasına ve işletilmekte olan taş ocaklarının çoğunun ruhsatı devletin kamu kurum ve kuruluşlarına ait olmasına karşın bu sahaların çoğunda özel sektöre ait firmalar faaliyet göstermektedir. Çünkü söz konusu taş ocakları, ruhsat hakkını elinde bulunduran DLH, Karayolları veya Köy Hizmetleri gibi Kamu kurum veya kuruluşlar tarafından ihale edilen projelerdeki imalat işlerine malzeme temin etmek amacıyla yapım müteahhitleri veya taşeronlar tarafından işletilmektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki inşaat sektörü için gerekli olan taş ihtiyacının, çalışmaların yürütüldüğü bölgelere mümkün olduğunca yakın taş ocaklarından temin edilmesi, ekonomik açıdan önemli kazançlar sağlaması bakımından tercih edilmektedir. Fakat bölgedeki yerleşim alanlarının dağınık olması, yerleşim birimlerinden uzakta bir taş ocak sahasının bulunmasını zorlaştırmakta, bu durum taş ocak faaliyetlerin yerleşim alanları ile iç içe geçmesine neden olmaktadır.

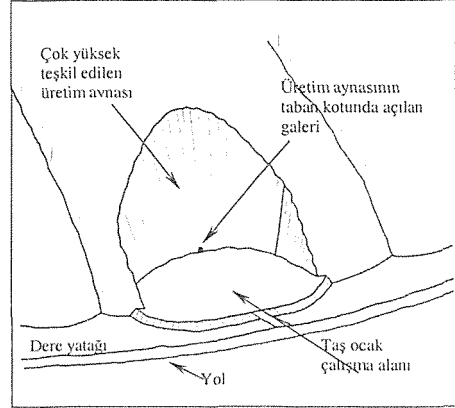
Doğu Karadeniz Bölgesi'nde kamu kurum ve kuruluşlar adına ruhsatlı taş ocakları, özellikle kamu ihaleleri safhasında, herhangi bir ön hazırlık vb. etüt çalışması yapılmadan hızlı bir şekilde devreye sokulmakta, işin bitiminde veya daha önemlisi çevresel sorunların had safhaya ulaştığı noktada taş ocakları terk edilmekte, bu süre içinde işin gerektirdiği oranda taş ihtiyacı sağlanamamış ise bir başka noktada kısa sürede yeni bir taş ocağı devreye sokulmaktadır. Bu taş ocağında da en kısa sürede üretimine geçebilmek için işletme konusunda herhangi bir ön hazırlık yapılmadan galeri atımı tercih edilmektedir. Bu durum yerleşim yerleri ile iç içe bulunan taş ocaklarında önemli oranda çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır.

2.2 İşletilmekte Olan Taş Ocaklarında Yapılan Uygulamalar

Doğu Karadeniz Bölgesi taş ocak malzemesi açısından oldukça zengin olmasına karşın bölgenin

topoğrafik yapısı nedeniyle taş ocak işletmeciliği açısından hayli sıkıntı göstermektedir.

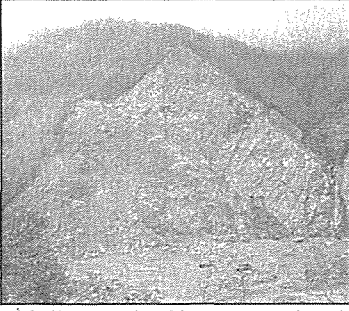
Çok yüksek ve dik arazi topoğrafyasına sahip olan Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki taş ocaklarının genelinde, kademeli işletme yöntemi uygulanmamakta, kısa sürede üretime geçebilmek amacıyla herhangi bir ön hazırlık safhasına gerek duyulmadan, bölgenin mevcut topoğrafik yapısına uygulama ve ekonomik açıdan en uygun yöntem olduğu düşüncesi ile kısa sürede devreye sokulabilen ve üretim-hazırlık maliyeti daha düşük olan galeri atım metodu ile taş üretim yöntemi tercih edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Taş ocaklarında yapılmakta olan uygulama

Ayrıca bölgede işletilen taş ocaklarının genelinde ocak sahasının topoğrafik yapısına uygun, gerçekçi ve uygulanabilir bir ocak işletme planları oluşturulmamakta, günlüklik alınan kararlar doğrultusunda oluşturulan plan ve programa göre hareket edilmekte, her ateşleme sonrası ortaya çıkan yeni ayna oluşuma göre alınan anlık kararlara göre ocakta yapılacak çalışmalara yön verilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki işletilmekte olan taş ocaklarındaki uygulanmakta olan yöntemin esası, ocak aynasında malzeme alınacak yere iki veya dört kollu girilen galerinin patlatılarak, malzemenin parçalanarak aynadan sökülmesi ve bu galeri ateşlemesinin üst tarafında kalan yerin altının boşalması ve desteksiz kalması ile kendini tutamayıp göçertilmesi prensibine dayanmaktadır.

Galeri yöntemi uygulanarak alt kotlardan başlatılan malzeme üretim çalışmaları sırasında ocak sahasındaki üretim aynasının yüksekliği ilk etapta çok az iken, bölgenin topoğrafik yapısının ani yükselen bir yapı göstermesi ve ocak sahasında kademeli işletme yönteminin uygulanmaması nedeniyle, ilerleyen çalışma süreleri sonunda ocak aynasının yüksekliği 100 - 150 m gibi yüksek seviyelere ulaşmaktadır.



Şekil 2. İşletilmekte olan bir taş ocağında çok dik ve yüksek teşkil edilmiş bir ocak aynası

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yerleşmiş olan bu işletme anlayışı nedeniyle kademesiz ve çok yüksek ve dik teşkil edilen ocak aynalarından malzeme alınabilmesi için mecburen büyük kütlelere hitap eden ve çok fazla miktarda patlayıcı madde kullanımını gerektiren büyük boyutlu delme ve patlatma çalışmalarının yapılmasına neden olmaktadır.

Sadece galeri ateşlemeleri ile iri kategori malzeme elde edilebileceği düşüncesinin kanıksanması ve bunun alışkanlık haline gelmesi nedeniyle iri malzeme çıkarılması gerekmeyen ariyet ocaklarında bile galeri ateşlemeleri ile malzeme çıkarılmakta, delici makineler kullanılarak kademeli işletme yöntemiyle malzeme üretimi yoluna gidilmemektedir.

3 TAŞ OCAKLARINDA UYGULANMAKTA OLAN GALERİ YÖNTEMLERİ

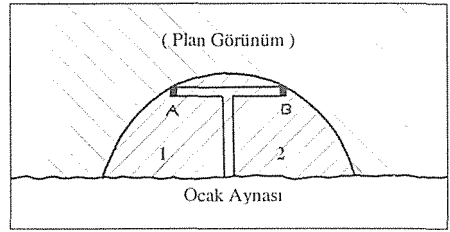
3.1 Yapılmakta Olan Galerî Uygulamaları

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında faaliyette bulunan kişi veya firmalarca yıllardır gelen alışkanlık nedeniyle bölgenin mevcut topoğrafik yapısı içerisinde makine ile delme ve patlatmaya kıyasla bir daha kolay, zahmetsiz ve ucuz bir işçilikle daha çok taş elde etmek için en uygun yöntem olduğu düşüncesiyle, yaygın bir şekilde "galeri patlatma" yöntemini kullanarak malzeme üretimi yapılmaktadır. Galerî yöntemlerinin uygulanması sırasında, taban kotunda açılan bir ana galeri hattını takiben iki veya dört adet galerileri kolları sürülmektedir (Şekil 4 ve 5). Daha sonra açılmış olan galerileri kollarının dip taraflarına patlayıcı madde doldurulması ve yapılan sıkılama sonrası yapılan ateşleme ile ocak aynasındaki kütlelerin parçalanarak bulunduğu ortamdaki koparılması prensibi ile malzeme üretimi yapılmaktadır.

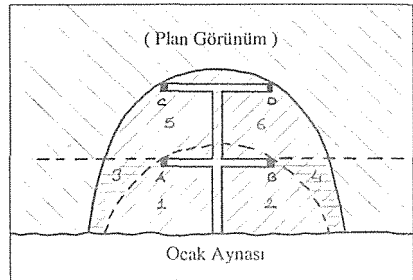


Şekil 3. Çok dik ve yüksek teşkil edilmiş ocak aynasının tabanında açılan galerî uygulaması

Bu işlemde, ana galeri hattı ile kanat kollarının boyu ve kol sayısı, çalışma yapılan ocak aynasının durumuna ve elde edilmek istenen malzeme miktarına göre değişkenlik göstermektedir.

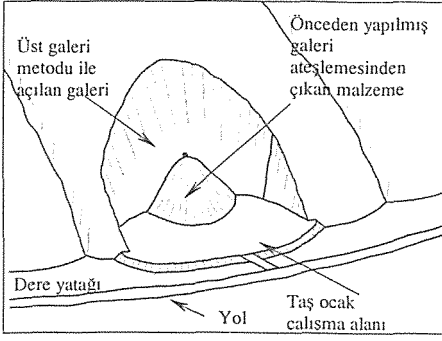


Şekil 4. Taş ocaklarında uygulanmakta olan iki kollu galerî uygulaması



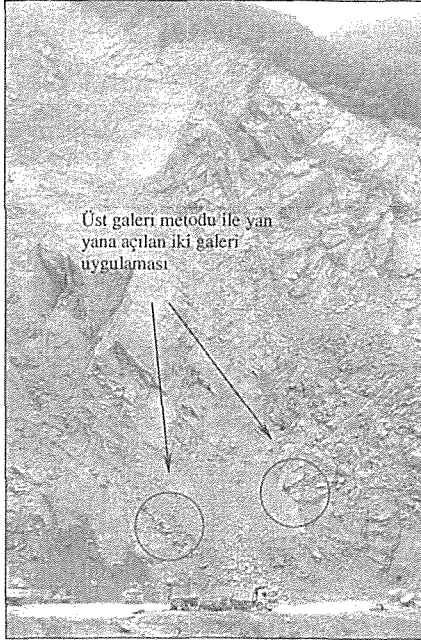
Şekil 5. Taş ocaklarında uygulanmakta olan dört kollu galerî uygulaması

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında, yüksekliği çok fazla olan ocak aynalarında, basamaklı sistemle çalışılmadığı halde delme ve patlatma çalışmalarının kademeli yapılabilmesi amacıyla, "üst galeri metodu" diye adlandırılan bir yöntem uygulanmaktadır.



Şekil 6. Taş ocaklarında üst galeri metodunun uygulaması

Bu yöntemin uygulanması sırasında, daha önce yapılmış olan galeri ateşlemesinden çıkan malzeme platform olarak kullanılarak, bunun üzerine çıkılmakta ve ocak aynasının üst kısımlarında galeri açılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 7. Taş ocaklarında uygulanmakta olan üst galeri metodu

3.2 Taş Ocaklarında Uygulanmakta Olan Galerî Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Taş ocaklarında uygulanan İki kollu galeri uygulamalarında yapılan ateşleme ile 1 ve 2 nolu bölgeler alınabilirken (Şekil 4), dört kollu galeri

uygulamalarında 1 ve 2 nolu bölgelerin haricinde 3, 4, 5 ve 6 nolu bölgelerdeki malzemeler alınabilmektedir (Şekil 5). Ocak aynasından, bir seferde daha çok malzeme alınabilmek amacıyla tercih edilen dört kollu galeri uygulamaları, yarattığı sorunlar nedeniyle yapılan ateşlemelerden istenildiği tam verim alınamamasına neden olmaktadır.

Çünkü dört kollu olarak uygulanan galeri ateşlemelerinde, ön tarafta yer alan A ve B kollarındaki patlatmalar ile 1 ve 2 nolu bölgelerdeki malzemeler alınabilirken, arka tarafta yer alan C ve D kollarının da yapılan patlatmalar ile 5 ve 6 nolu bölgelerdeki malzemeler alınabilmektedir.

A ve B kollarında yapılan ateşlemelerin etki alanında bulunmadığı için, bu kollarında yapılan ateşleme ile alınamayan 3 ve 4 nolu bölgeler 5 ve 6 nolu bölgeler için tampon görevi görmektedirler. Aslında C ve D kollarında yapılan ateşlemelerin de etki alanında bulunmayan 3 ve 4 nolu bölgeler, C ve D kollarında yapılan ateşleme ile parçalanarak, serbest yüzeye doğru hareketlenen 5 ve 6 nolu bölgelerin yarattığı baskı nedeniyle buldukları ortamdaki ayrılarak parçalanmaktadır. Bu durum 5 ve 6 nolu bölgelerde yer alan malzemelerin tam parçalanmamasına ve ocak aynasından tam olarak ayrılamamasına, dolayısı ile C ve D kollarında yapılan ateşlemelerden verim alınamamasına neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için arka tarafta yer alan C ve D kollarına, kullanılması gereken miktardan daha fazla patlayıcı madde konulmaktadır. Bu durum 3 ve 4 nolu bölgelerin yaratmış olduğu olumsuzluğu aşarak, hem 5 ve 6 nolu bölgelerin hem de 3 ve 4 nolu bölgelerin parçalanarak ocak aynasından ayrılmasını sağlamaktadır. Buda, yapılan galeri ateşlemesinde arka kollarında kullanılması gereken miktardan daha fazla patlayıcı madde kullanılmasına neden olmaktadır. Arka kollarında gereğinden fazla patlayıcı madde kullanılmasına ve arka kolların içinde bulunduğu olumsuz şartlara bağlı olarak, yapılan dört kollu galeri ateşlemeleri sırasında açığa çıkan basınç kuvvetleri aşırı sarsıntı yaratmakta ve malzemelerin aşırı şekilde ufalanmasına neden olmaktadır.

Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında, kademeli işletme yöntemi uygulanmamasına ve ocak aynalarının çok yüksek teşkil edilmesine bağlı olarak, galeri ateşlemesi yapılan ortamların dört bir yanı çepçevre kapalı, sadece ön tarafları açık alan olmakta, tek serbest yüzeye sahip olan bölgelerde yapılan galeri patlatmaları kapalı ve sıkışık bir ortamda gerçekleştirilmektedir.

Bu şekilde üst ve yan bölgeleri çevre zonlar tarafından sarılmış, dört bir yanı kapalı, sadece ön tarafı açık olan bölgelerde, serbest yüzey sayısının bir tane olması nedeniyle, ateşleme sonucu ortaya

çıkan basınç kuvvetlerinin gücü, patlatılan kütleleri çevre zonlardan koparıp parçalamaya yetmemekte, bunun sonucunda, tam olarak parçalanmamış ve ocak aynasından ayrılmamış, birbirine kilitlemiş vaziyette büyük boyutlu kaya blokları içeren bir galeri ateşlemesi yapılmaktadır.

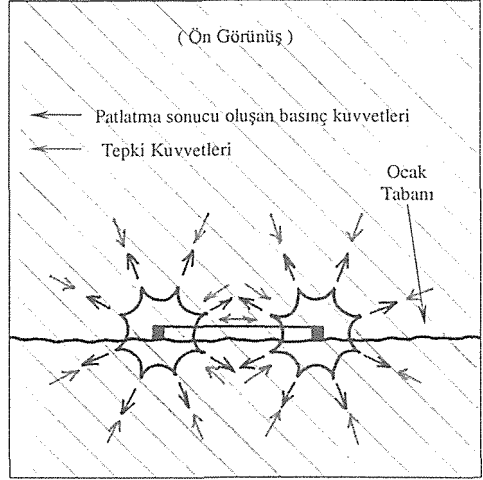


Şekil 8. Kapalı ortamda yapılan ateşleme sonucu parçalanmamış ve aynadan ayrılmamış malzemeler

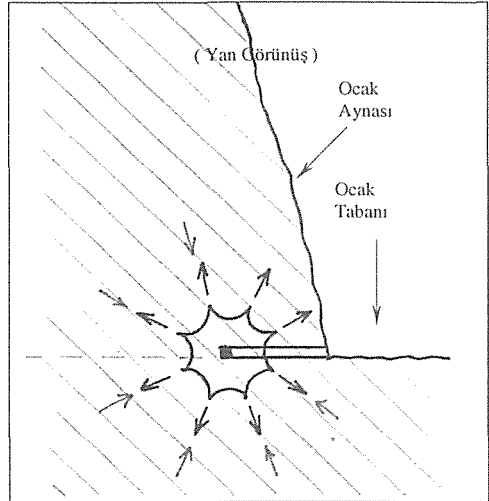
Bu nedenle, dört bir yanı çepçevre kapalı ve sadece ön yüzeyi serbest olan bölgelerde yapılan ateşlemelerde, bu ve buna benzer sorunlarla karşılaşmamak ve patlatma yapılan kütleleri parçalayabilecek ve buldukları ortamdan ayırabilecek güfte yeterli basınç kuvvetlerini elde edebilmek için mecburen kullanılması gerekenden daha fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmaktadır.

Bilindiği üzere yapılan ateşlemeler sırasında açığa çıkan basınç kuvvetleri, patlama merkezinden her yöne doğru yayılarak, önlerine çıkan kütleleri parçalamak ve ötelemek suretiyle enerjilerini boşaltmaktadırlar. Fakat dört bir yanı kapalı, sadece ön tarafı açık olan bölgelerde, patlatma yapılan ortamın çevre zonlar tarafından sarılmış olması ve serbest yüzey sayısının bir tane olması nedeniyle, yapılan ateşleme sırasında açığa çıkan basınç kuvvetleri, önlerine çıkan kütleleri parçalamak ve ötelemek, enerjilerini deşarj etme konusunda sıkıntı yaşamaktadırlar. Şöyle ki; kapalı ve sıkışık ortamlarda yapılan galeri ateşlemeleri sırasında, patlatma yapılan bölgenin ön tarafına, yani ateşleme yapılan ortamda, serbest yüzeye sahip olan tek bölgeye doğru yayılan basınç kuvvetleri, önlerinde yer alan kütlelerin arkasında herhangi

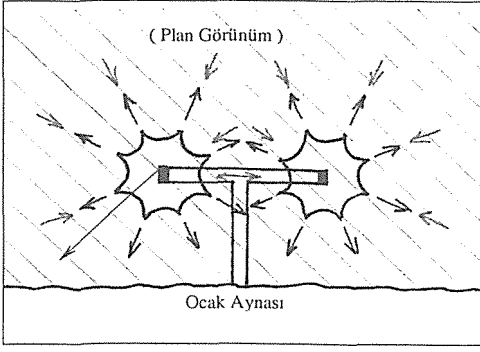
başka bir yapı veya zonun bulunmaması nedeniyle, bu kütleleri parçalamak ve ötelemek suretiyle enerjilerini deşarj edebilmektedirler. Fakat patlatma yapılan bölgenin arka, üst, alt ve yan istikametlere doğru yayılan basınç kuvvetleri, etkiye buldukları kütlelerin çevre zonlar tarafından sarılmış olması nedeniyle bu yapıları deformasyona uğratmalarına rağmen parçalayamamakta ve öteleyememekte, enerjilerini patlatma işlemi yapılan bölgeyi çepçevre saran çevre zonlara yansıtması sonucu aşırı sarsıntılar meydana gelmektedir (Şekil 9, 10 ve 11).



Şekil 9. Galerinin ateşlemeleri sonucu açığa çıkan basınç kuvvetlerinin hareketi (Ön görünüşü)



Şekil 10. Galerinin ateşlemeleri sonucu açığa çıkan basınç kuvvetlerinin hareketi (Yan görünüşü)



Şekil 11. Galeri ateşlemeleri sonucu açığa çıkan basınç kuvvetlerinin hareketi (plan görünüm)

Ayrıca arka, üst, alt ve yanlara doğru yayılan basınç kuvvetleri etki-tepki kanunundan dolayı geri dönerek, patlatma yapılan ortamın önünde yer alan kütleye, yani arkasında başka bir yapı veya zon olmadığı için ateşleme yapılan ortamda serbest yüzeye sahip tek bölge olan ön taraftaki kütleye yönelerek enerjilerini deşarj edebilmektedirler.

Ateşleme yapılan ortamın ön tarafına doğru yayılan basınç kuvvetlerinin etkisine maruz kalan ön taraftaki bu kütle, etki tepki kanunu ile geriye dönen diğer basınç kuvvetlerinin de etkisine maruz kalmakta, aşırı miktarda basınç kuvvetlerinin etkisine maruz kalan bu bölgedeki malzemeler aşırı şekilde ufalanmaktadır.

Dört bir yanı çepçevre kapalı ve sadece ön yüzeyi serbest olan bölgelerde çok fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmasına bağlı olarak, galeri ateşlemesi yapılan yerlerin çevresinde kalan bölgeler, aşırı basınçlara maruz kalmakta, bu bölgeler içerisindeki mevcut yapısal çatlakların hareketlenmesine ortam yaratılmakta veya bu bölgelerin bünyesinde yeni çatlaklar oluşturulmaktadır. Daha önce yapılan ateşlemelerden nedeniyle deformasyona uğramış olan bu bölgelerde daha sonra yapılacak olan galeri ateşlemelerinden verim alınamamaktadır.

Ayrıca dört bir yanı çepçevre kapalı ortamlarda yapılan galeri ateşlemelerinde, kütleler arasında sıkışıp kalan basınç enerjisi, patlatılan kütlede zayıf noktaların ve çatlakların olması durumunda, bu zayıf noktalardan deşarj olarak taş püskürmelerine neden olmaktadır.

Fazla miktarda patlayıcı madde kullanılarak yapılan büyük boyutlu galeri ateşlemelerin ortaya çıkardığı problemlerle karşılaşmamak için yapılan küçük boyutlu galeri ateşlemeleri de, çok yüksek ve dik teşkil edilen ocak aynalarında malzemeyi koparmaya yeterli olmamaktadır.

3.3 Taş Ocaklarında Galeri Uygulamaları Sonucu Ortaya Çıkan Olumsuzluklar

İşin başlangıcından bitiş aşamasına kadar tüm safhalarında risk, tehlike ve çalışma zorluğu içermesine rağmen, bir seferde en kolay ve en ucuz şekilde taş elde etmek için uygulanabilecek en uygun yöntem olduğu düşüncesi düşüncesiyle, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan tüm taş ocaklarının genelinde tercih edilen galeri uygulaması, ocak sahasındaki işletme şartlarının uygun olmaması ve ocak aynasının çok yüksek ve dik teşkil edilmesinin yanı sıra, yönteminin uygulanması aşamasında gereken önem ve hassasiyet gösterilmemesi, birçok sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Taş ocak sahalılarında galeri yöntemi ile yapılan taş üretim çalışmaları sırasında ortaya çıkan olumsuzlukları birçok yönden ele alabiliriz. Galeri delme aşamasında ortaya çıkan sorun ve olumsuzlukları ilgili detaylı bilgiler (Yılmaz, 2002) kaynaklarından bulunabilir. Galeri uygulamalarının ortaya çıkardığı diğer olumsuzlukları, işletme açısından, üretilen malzeme açısından ve çevre açısından olmak üzere birçok açıdan ele alabiliriz.

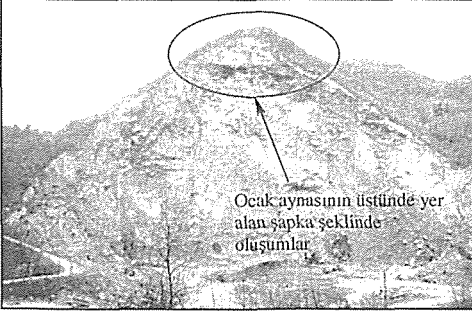
3.3.1 İşletme Açısından Ortaya Çıkan Olumsuzluklar

- Çok yüksek ve dik teşkil edilen ocak aynalarında, ne kadar büyük boyutlu galeri ateşlemeleri yapılsa bile, kademeli işletme yöntemi ile çalışma yapılmadığından bir seferde yapılan delme ve ateşleme girişimi ile malzeme üretimi yapmak mümkün olmamaktadır.
- Çok yüksek teşkil edilen ocak aynalarının üst bölümlerindeki malzemeyi alabilmek için, bir önceki patlatmadan çıkan malzemenin üstüne çıkılarak, ocak aynasının üst kotlarında yapılan galeri uygulamaları, fazla yüksek olmayan ocak aynalarında, malzemenin iki aşamada alınmasını sağlasa da, 100-150 m. yüksekliğe varan ocak aynalarında etkili olmamaktadır.
- Çok zor şartlar altında ve çok yüksekte yapılan ve "üst galeri metodu" diye adlandırılan bu delme ve patlatma girişimi kademeli çalışmanın yerini hiçbir şekilde tutmadığı gibi delme işleminden patlatma işlemine kadar olan tüm safhaldaki faaliyetlerin emniyetsiz bir ortamda yapılmasına, yürütülen faaliyetlerin bir kat daha tehlikeli ve riskli hale gelmesine neden olmaktadır.
- İşletme şartları uygun olmayan ve çok yüksek ve dik ocak aynalarına sahip ocak sahalılarında, fazla miktarda patlayıcı madde kullanılarak yapılan büyük boyutlu galeri ateşlemelerinin kontrolü ve yönlendirilmesi zor olmakta, aşırı sarsıntılar meydana gelmekte, ocak aynasında büyüklü küçüklü birçok çatlak oluşmaktadır. Yeni oluşan veya zaten var olan mevcut çatlakların hareketlendirilmesi sonucu ocak aynasında bulunduğu ortamdaki ayrışmış

ama kopmamış, her an düşme tehlikesi taşıyan kaya blokları veya iri taş kütleleri hâsıl olmaktadır.

• Askıda duran bu kaya blokları veya taş kütleleri yağmur, güneç vb. atmosferik nedenlerle veya ocak sahasında yapılan diğer ateşlemeler sonrasında hareketlenerek kopmakta ve ocak sahasına düşmektedirler.

• Çok yüksek üretim aynalarının teşkil edildiği taş ocaklarında, çok miktarda patlayıcı madde kullanılan galeri ateşlemeleri yapılsa bile veya üst galeri diye adlandırılan yöntem uygulansa dahi, ocak aynalarının çok yüksek olması nedeniyle yapılan ateşlemeler sonucu oluşan basınç kuvvetlerinin etkisi, ocak aynasının en üst noktalarında yer alan zonları parçalayacak ve koparacak şekilde etkileyememekte ve altı boşaldığı için desteksiz kalan ocak aynasının üst kısımları, yapısal çatlaklarından koparak heyelan yapmakta veya tam parçalanma veya kopma olmadığından şapka şeklinde askıda malzeme kalmaktadır.



Şekil 12. Ocak aynalarının üst taraflarında oluşturulan şapka şeklinde oluşumlar

• Bu durum, ocak sahasında emniyetsiz bir ortamın oluşmasına neden olduğu için iş güvenliği açısından sakınca doğurmakta, ocak içinde yürütülen tüm faaliyetler için tehlike arz ettiğinden sonraki çalışmalar iyice zorlaşmaktadır.

3.3.2 Malzeme Yönünden Olumsuzlar

• Galeri ateşlemelerinde, patlama merkezi ve merkeze yakın bölgelerdeki kütleler aşırı basınca maruz kalarak aşırı ufalanmakta, patlatma merkezinden uzaklaştıkça oluşan basınç etkisi azaldığı için patlama merkezine uzak bölgeden çıkan malzemelerin boyutu iri olmaktadır.

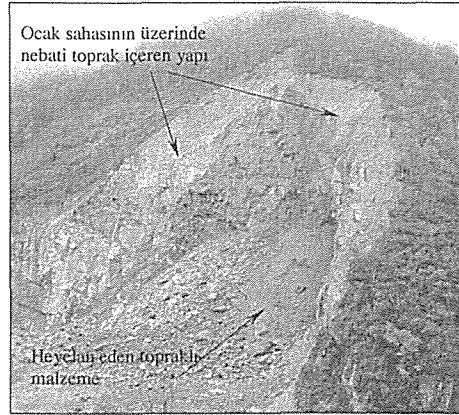
• Daha önce yapılan ateşlemelerden dolayı deformasyona uğramış olan bölgelerde, daha sonra galeri ateşlemesi yapılması durumunda, ikinci kez patlatma basıncına maruz kalan bu bölgelerden elde edilen malzeme içerisinde ince ve küçük parça oranı fazla olmakta, iri kategori elde etme oranı düşmektedir.

• Büyük boyutlu delme-patlama girişimlerinde kullanılan patlayıcı maddenin fazlalığı o kütleye uygulanacak basınç enerjisinin fazla olmasına ve bu nedenle malzemenin aşırı ufalanmasına, dolayısıyla istenildiği gibi malzeme alınmamasına neden olmaktadır.

• Sonuçta galeri ateşlemeleri ile imalata uygun olmayan denge bir kategorik üretim yapılarak, istenildiği gibi kategorik malzeme temin edilememekte ve kategori oranları arasında doğan büyük farklılıklar nedeniyle malzeme açısından rezervin en iyi şekilde değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır.

• Ayrıca ihtiyaç fazlası kategori malzemeler ocak sahasında gereksiz yer işgal ettiğinden, ocak işletmeciliği konusunda sıkıntı yaratmakta, rahat çalışma ortamı sağlanamamakta ve ileride bu malzemelerin başka yere taşınıp depolanması gibi bir durumun söz konusu olmaktadır.

• Yine kademesiz çalışmaya bağlı olarak çok yüksek ve dik aynaların teşkil edilmesinden ötürü, ocak sahasının üzerinde bulunan nebatî toprak vb. killi tabakalarının ve zonların ayrı bir çalışma yapılarak alınmasının zorlaşmakta, hatta hiç alınmamaktadır.



Şekil 13. Ocak aynalarının üzerinde yer alan topraklı malzemenin heyelan etmesi

• Akabinde ocak sahasının üzerinde yer alan ve nebatî toprak vb. kil içeren bu bölümler zamanla heyelan ederek ocak sahasına akmakta, bu toprak kaymaları ve heyelanlar her konuda tehlike arz ettiği gibi imalatta kullanılabilen malzemelere karışarak bu malzemeleri kullanılmaz hale getirmektedir.

• Bu nedenle ocak sahaslarında, imalatlara uygun malzeme alınamamakta, sonraki dönemlerde temiz ve kullanılabilir malzeme temini açısından sıkıntı yaşanmakta, taş ocağı verimli işletilmeyerek işletme yapılamayacak şekilde köreltilmektedir.

• Dört bir yamı çepeçevre kapalı, sadece ön yüzeyi serbest olan bölgelerde yapılan ateşlemeler sonucu ortaya çıkan, ocak aynasından ayrılamamış ve tam

olarak parçalanamamış, birbirine kilitlemiş vaziyette büyük boyutlu kaya blokları içeren malzemelerin yüklemesi bir hayli zahmetli olmakta, yüklemeye verimi düşüğünden yüklemeye maliyetini çok artırmaktadır.

• Galeri yöntemi ile yapılan taş üretimi, delici makineler ilke yapılan taş üretimine nazaran daha kolay ve ucuz gibi görünse de, yanlış uygulanan ateşleme sistemlerinden dolayı yapılan patlatma işlemi sırasında fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmasının haricinde, galeri açma işlemi ve galeri ateşlemesi sonrasında ortaya çıkan iri blokların patarlanması işlemi sırasında kullanılan patlayıcı madde miktarı nedeniyle, galeri uygulamalarında kullanılan m^3 veya ton başına düşen patlayıcı madde miktarının fazlalığı ve ocak saasındaki işletme şartlarının da olumsuzluğu nedeniyle, delme işlemlerinden, nakliye işlemlerine kadar olan tüm safhalarda yapılan verimsiz çalışmaların maliyeti arttırdığı göz önüne alınırsa, galeri yöntemi ile taş eldesinin sağıldığı kadar ucuz taş üretim yöntemi olmadığı anlaşılacaktır.

3.4 Tavsiye Edilen Galeri Uygulamaları

Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki işletilmekte olan taş ocaklarında zaman zaman ciddi sıkıntılar yaşanmasına neden olan sıkıntıların en büyük kaynağı malzeme üretimi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan galeri yöntemidir. Aşağıda açıklanan galeri uygulama önerilerinin hayata Galeri patlatmalarından dolayı yaşanan sıkıntıların minimum seviyeye çekilebilmesi için açısından son derece önemli olacaktır.

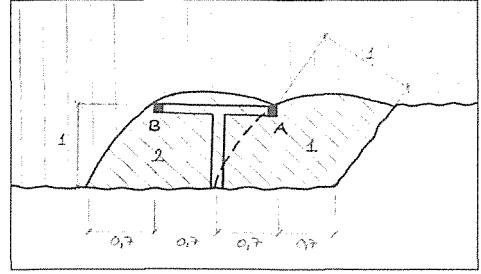
Taş ocak sahaslarında ocak sahasının topoğrafik yapısının rock-drill gibi delici makineleri ile çalışma yapılmasına imkân vermediği durumlarda, malzeme üretiminin galeri yöntemi ile yapılması durumunda bile taş ocak sahaslarında kesinlikle kademeli işletme sistemi ile çalışma yapılmalıdır.

Taş ocaklarında kademeli işletme sisteminin oluşturulması, ocak sahasındaki işletme şartlarının düzelmesine ve ateşleme yapılan ortamlardaki serbest yüzey sayısının artmasına neden olacağı için, yapılan galeri ateşlemeleri her yönü ile kötü işletme şartlarında yapılan ateşlemlerden daha iyi olacaktır. Ocak sahaslarında kademeli işletme sisteminin oluşturulmasına bağlı olarak serbest yüzey sayısının artması;

- Yapılacak olan patlatmalarda daha az patlayıcı madde kullanılmasını gerektirecektir.
- Yapılan ateşlemlerde elde edilen malzeme miktarı daha çok olacağından, diğer şartlarda yapılan patlatmalara nazaran aynı miktarda patlayıcı madde ile daha çok malzeme alınacaktır.
- İmalata uygun ve istenildiği gibi malzeme alınacaktır.

- Patlatma sıkıştırılmayacak ve çevre zonlardaki kütlelere zarar verilmeyeceğinden sonraki patlatmalar daha düzenli ve verimli olacaktır.
- En önemli patlatma sıkıştırılmayacağı için rahat olacağından sarsıntı kesinlikle daha az olacaktır.
- Patlatmaların kontrolü ve yönlendirilmesi daha kolay olacağından taş fırlamalarının önüne geçilecektir.
- Yapılan ateşlemlerle malzeme sıkıştırılmayacak ve ufalanmasına sebep olunmayacaktır.

Kademeli işletme sisteminin teşkil edildiği ve serbest yüzey sayısının arttığı taş ocaklarında iki kollu galeri uygulamaları sırasında, açılacak olan galerinin ana hattı 1 birim olaksa kolların uzunluğu ana hat uzunluğunun 0,7'si kadar olmalıdır (Şekil 14).

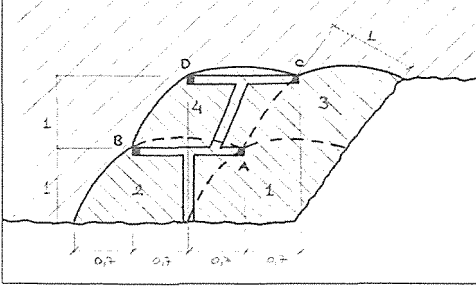


Şekil 14. İdeal iki kollu galeri uygulaması

Aslında galeri yöntemi uygulamalarında önemli olan ana hat uzunluğu veya kol uzunluğu değil, patlayıcı maddelerin yerleştirileceği ceplerin serbest yüzeye ve birbirlerine olan uzaklıklarıdır. Yani patlayıcı madde yerleştirilecek ceplerin patlatma yapılan bölge içindeki konumları önemlidir. Galeri uygulamaları sırasında ocak şartları gereği galeri ana hattı ve galeri kolları, konum itibarı ile ocak aynasına veya birbirlerine açılı teşkil edilebileceklerinden boyları da farklı olacaktır. Önemli olan galeri kollarının ucunda yer alan patlayıcı madde ceplerinin, sahasının en uygun yerinde konumlandırılması ve dolayısı ile patlayıcı maddelerin, patlatılmak istenen bölgenin en ideal ve uygun noktasına yerleştirilmesidir. Dikkat edilirse, şekil 6'da galeri ana hattının uzunluğu olarak tanımlanan mesafe, aslında galeri kollarının ucunda yer alan patlayıcı madde ceplerinin serbest yüzeye olan uzaklığını, kol uzunlukları olarak verilen mesafelerde bu ceplerin birbirlerine olan uzaklığını tanımlamaktadır.

Kademeli işletme sisteminin ocak sahasına yerleştirilmesi ile ön, yan ve üst olmak üzere 3 tane serbest yüzeye sahip olan galeri ateşlemlerinde kesinlikle numaralı kapsül kullanılarak ateşleme yapılmalıdır. Numaralı kapsül uygulaması ile üç tane serbest yüzeye sahip olan "A" cebi öncelikli olarak patlatılmalı, bu sayede iki serbest yüzeye sahip olan "B" cebine üçüncü bir serbest yüzey kazandırıldıktan

sonra "B" cebi patlatılmalıdır. Numaralı kapsül kullanılarak yapılan ateşlemelerde her iki cepte yer alan patlayıcı maddeler, farklı zamanlarda patlatılacağı için birim zamanda patlatılan patlayıcı miktarı daha az olacağından yaratılan sarsıntı daha az olacaktır. Sahada yapılacak 2-3 patlatma sonrası cepler arasında uygulanması gereken en ideal numara farkı bulunacaktır.

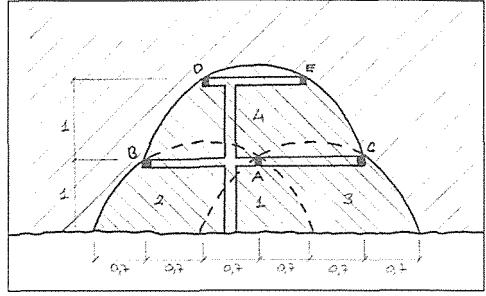


Şekil 15. İdeal dört kollu galeri uygulaması

Kademeli sistemin oluşturulduğu sahalarda bir seferde daha çok malzeme alabilmek için uygulanacak dört kollu galeri sistemi şekil 15'de gösterildiği gibi olmalıdır. Bu uygulamada ana hat uzunluğu ve kol uzunluğu iki kollu galeri yönteminde uygulandığı gibi olmalıdır. Yalnız bu uygulamada dikkat edilecek husus arka kolların ucunda teşkil edilecek patlayıcı madde cepleri ile ön kolların ucunda teşkil edilen patlayıcı madde ceplerinin birbirlerine göre olan konumlarıdır. Bu uygulamaya dikkat edilirse arka kollara giden galeri hattı çapraz şekilde teşkil edilmesine ve arka tarafta yer alan galeri kolları farklı uzunluklarda olmasına rağmen patlayıcı madde yerleştirilen ceplerin birbirine göre plan konumları bir sistem içinde yer almaktadır.

Dört kollu galeri uygulamalarında da, iki kollu galeri uygulamalarında yapıldığı gibi numaralı kapsüller kullanılarak ateşleme sistemi oluşturulmalıdır. Birbirlerine göre çapraz şekilde konumlandırılan patlayıcı madde ceplerinden, öncelikle üç tane serbest yüzeye sahip "A" cebinde yer alan patlayıcı maddeler patlatılmalıdır. "A" cebinin patlatılması ile iki serbest yüzeye sahip "B" ve "C" cepleri de üç serbest yüzeye sahip olacaklarından sırası ile önce "B", sonrasında "C" cepleri patlatılmalıdır. Bu üç cepte yer alan patlayıcı maddelerin patlatılmasının ardından tek serbest yüzeye sahip olan "D" cebini de üç serbest yüzeye sahip olacağından en son bu cep patlatılır.

Serbest yüzey sayısının az olduğu sahalarda bir seferde çok miktarda malzeme üretilmesi durumunda bilinen dört kollu galeri uygulamaları yerine şekil 16'da görüldüğü gibi 5 cepli galeri uygulamaları tercih edilmelidir.



Şekil 16. İki serbest yüzeye sahip ortamlarda uygulanması gereken galeri sistemi

Bu uygulamada ön tarafta yer alan hatta üç tane patlayıcı madde cebini teşkil edilmekte, arka tarafta yer alan cepler, ön tarafta yer alan ceplere göre çapraz konumlandırılmaktadırlar. Ön tarafta üç cebin teşkil edilmesi ile ocak aynasında daha geniş cephe alınmakta, şekil 5'te gösterilen dört kollu galeri uygulaması sırasında ön kollarla yapılan ateşleme sonucu alınamayan 3 ve 4 nolu bölgeler bu uygulama ile alınmakta ve arka ceplerin daha rahat patlatılmasına ortam yaratılmaktadır.

4 TAŞ OCAKLARINDA YAPILAN YANLIŞ UYGULAMALARIN NEDENLERİ

Taş ocak işletmeciliğinden sorumlu ve ilgili tüm kişilerce, çok dik ve sarp arazi topografyasına sahip bölgelerde, kademeli sistemle taş ocak işletmeciliğinin yapılamayacağı ve taş almaya yönelik delme ve patlatma çalışmalarının sadece galeri yöntemi ile yapılabileceği, delici makinelerle istenildiği gibi malzeme alınması ve kademeli çalışmanın hiçbir şekilde mümkün olmayacağı düşüncesinin kanıksanması ve bu yargının kabul görmesi, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında yanlış işletme tekniklerinin uygulanmasının ve paralelinde ortaya çıkan birçok sorunun ana nedeni olmaktadır.

Taş ocaklarında iri kategori malzeme elde etmenin tek yolunun galeri ateşlemeleri ile yapılabileceği düşüncesinin kanıksanması ve bunun alışkanlık haline gelmesi, ocak sahalarında başka işletme sistemleri uygulanarak taş üretimi yapılmasını engellemektedir.

Ayrıca, ocak sahasında yapılacak işletme faaliyetleri göz önünde bulundurulmadan sadece ocak sahasından elde edilecek taşın imalatlara uygunluğu ve ihtiyaç olan taş miktarları baz alınarak ruhsat alanlarının belirlenmesi veya kamulaştırma işlemlerinin yapılması, ilerde ocak sahalarda ideal işletme sistemlerinin uygulanmasının önüne geçmektedir. Bunun yanında yaşanan sıkıntılardan ötürü ocaklarda istenildiği gibi çalışma yapılamadığı

fikrinin kabul görmesi ocak sahalarda yapılan yanlış işletme uygulamaların ana nedenlerindedir.

Taş ocak sahalarında kademeli çalışma yapılabilmesi sözlü konusuna olsa bile, kademeli çalışmaya yönelik bir düşünce, prensip ve anlayışın olmamasından dolayı bu konuda hiçbir şekilde plan ve program yapılmamaktadır. Ocak işletmesinden sorumlu ve ilgili tüm kişilerde, kademeli çalışma ile ilgili düşünce ve planlar oluşmuş olsa bile uygulanması ile ilgili olarak nedense herhangi bir girişim ve teşebbüste bulunulmamakta, herhangi bir girişim veya teşebbüste bulunulmaması, bu konuda yeterli bilgi ve beceri sahibi olunmadığından, yani çok dik ve sarp arazi yapısına sahip bölgelerde kademeli işletme yönteminin uygulanması aşamasında ve sonrasında, kademe yollarının ve kademe sahalalarının nasıl yapılacağı, ne şekilde teşkil edileceği konusunda bilgi ve beceri yetersizliğinden ötürü taş ocak sahasına yapılması düşünülen uygulama ve planlar eksik ve yanlış olmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi' gibi çok dik ve sarp arazi yapısına sahip bölgeler için hazırlanan işletme planlarının yanlış ve yetersiz olması, bu planların ocak sahasına tatbik edilmesi aşamasında, yeterli bilgi ve beceri sahibi olunmadığından yanlış uygulanması, bu tür uygulamaların yapılmasının çok zor olduğu ve aşırı bir külfiyet ve maliyet getirdiği izleniminin doğmasına yol açmakta, dolayısı ile kademeli çalışma yapılması girişimden vazgeçilmesine neden olmaktadır.

Taş ocak sahalalarına ilgili firmalarca işletmeden sorumlu yetkili mühendisler atanmış görünse de, projedeki diğer işlerin takibi asli görevi olan bu kişilere taş ocaklarının işletilmesi ile ilgili sorumluluk ve yetki ikincil görev olarak verilmektedir. Taş ocak işletilmesinden sorumlu bu yetkili kişiler, taş ocak işletmeciliği konusunda yeterli bilgi ve beceri sahibi olmadıklarından veya asli görevlerini yapmaktan taş ocakları ile tam ilgilenemediklerinden, taş ocaklarının işletilmesi ile ilgili sadece sorumluluk ve yetki aşamasında kalmakta, işletmedeki faaliyetlerin yönlendirilmesi ve yapılan çalışmaların planlanması konusunda yetersiz kaldıklarından, taş ocaklarının yönlendirilmesi ve işletilmesi ne yazık ki ehli olmayan diğer kişilerin veya taşeronların inisiyatifine bırakılmaktadır.

Taş ocaklarının işletilmesinden sorumlu kişiler, taş ocaklarında yürütülen tüm faaliyetleri planlayıp yönlendireceğine, aksine taş ocaklarının kendilerini yönlendirdiğinin farkına varmamaktadırlar.

5 TAŞ OCAKLARINDA YAPILMAKTA OLAN UYGULAMALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

5.1 Genel

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarının yerleşim birimleri ile iç içe olması,

yolların ve dere yataklarının taş ocak sahalarının hemen yanında yer alması, ister istemez taş ocaklarında yapılan her türlü faaliyetlerin yerleşim birimlerini, yolları ve dere yataklarını fazlasıyla etkilenmesine neden olmaktadır.

5.2. Taş ocaklarından Kaynaklanan Sorunların Çevre Üzerine Etkileri

Taş ocaklarındaki işletme şartlarının uygun olmaması, ocak sahasında uygulanan delme ve ateşleme tekniklerinin yanlışlığı, sadece ocak işletmesi veya imalata uygun malzeme teminini yönünden sıkıntı yaratmamakta, yaşanan çevresel sorunların baş kaynağı olmaktadır.

Bilindiği üzere taş ocak çalışmaları sırasında yaşanan çevresel sorunların tek kaynağı olarak, ocak sahasında yapılan patlamalar gibi gözükse de, taş ocak işletmesinin de bir bütün olarak yarattığı sorunlar da bulunmaktadır. Ama kuşkusuz, taş ocaklarında yaşanan çevresel sorunların tek nedeni, ocak sahalarında ideal işletme şartlarının oluşturulmamasından kaynaklanmaktadır.

5.2.1 Patlatma Kaynaklı Çevresel Sorunlar ve Etkileri

Bilindiği gibi patlama sonrası açığa çıkan sarsıntının büyüklüğünü etkileyen faktörlerin başında kullanılan patlayıcı madde miktarı gelmektedir. Patlatma yapılan yerin jeolojik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri, topografya gibi faktörler sarsıntı derecesini etkilemektedir.

Fakat ocak sahasında uygulanan işletme yönteminin ve tatbik edilen delme ve ateşleme tekniğinin, patlatma sonrasında açığa çıkan sarsıntıya etkisi çok büyüktür.

Taş ocaklarında yapılan ateşleme işlemi normal şartlarda zaten sorunlu ve sıkıntılı bir işlemken, uygun olmayan işletme şartlarında yapılan ateşlemelerin yarattığı sorunlar ve daha da büyük olmaktadır.

Taş ocaklarında yaşanan patlatma kaynaklı çevresel sorunlar, yer sarsıntısı, taş fırlatması, hava şoku, gürültü ve açığa çıkan zehirli gaz ve toz çıkışı olmak üzere beş ana şekilde kendini göstermektedir.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında, üretim aynalarının çok yüksek olması ve delme ve ateşleme tekniklerinin yanlış uygulanması ile birlikte, yapılan bu ateşlemelerde çok fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmasının yanı sıra, ocak sahasındaki işletme şartlarının da uygun olmaması durumu eklenince;

• Yapılan patlamalar sonucu ortaya çıkan basınç enerjisi, depresyon etkisiyle zeminde aşırı sarsıntılar yaratmakta ve bu sarsıntılar bina vb. yapıların zarar

görmesine, çevre zonların dengesinin bozulmasına, dolayısı ile yeraltı su kaynaklarının etkilenmesine, arazi oturmalarına, zemin çatlamlarına veya heyelanlara neden olmaktadır.

• Yine ideal olmayan işletme şartlarında, yanlış delme ve ateşleme teknikleri uygulanarak yapılan patlatmalarda, çevreye taş fırlamalarına veya püskürmelerine neden olunarak, çevre arazi ve emlağa zarar verilmekte, can ve mal güvenliği tehdit altına alınmaktadır.

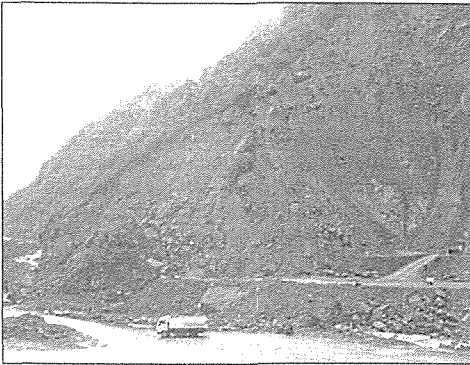
• Ayrıca yapılan ateşlemelerde fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmasına bağlı olarak, bir anda açığa çıkan aşırı miktarda zehirli gaz ve tozun etrafa yayılması sonucu, insan sağlığı ve çevre kirliliği yönünden büyük sakınca doğmaktadır.

• Ocak sahasındaki işletme şartlarının uygun olmaması ve uygulanan delme ve ateşleme teknikleri yanlış olması sonucu yapılan patlatmalar fazla gürültü çıkarmakta, bu durum yapılan ateşlemelerin güven vermemesine neden olduğu gibi, çevre sakinlerinin rahatsız edilmesi gibi sorunları da beraberinde getirmektedir.

5.2.2 İşletmeden Kaynaklanan Çevresel Sorunlar ve Etkileri

Taş ocak işletmelerinde patlatma kaynaklı bu sorunların haricinde, işletmede yapılan diğer yanlış uygulamalardan kaynaklanan sorunlarda bulunmaktadır.

• Taş ocaklarında kademeli işletme yönteminin uygulanmaması, üretim aynalarının çok yüksek ve dik teşkil edilmesi ve uygulanan delme ve ateşleme tekniklerinin yanlış olması nedeniyle, üretim aynasının şev duraylılığı kaybolmakta, taş ocak sahasının, hatta çevre zonların statik ve dinamik yapısı bozulmakta, taş ocaklarında faaliyetler devam ederken veya ocak sahası terk edildikten sonra bile heyelanlar meydana gelmektedir.



Şekil 17. Ocak sahasında meydana gelen heyelan



Şekil 18. Ocak sahasında meydana gelen heyelan sonucu yolun kapanması

• Bu durum ocak içi çalışmalar için can ve mal güvenliği açısından tehdit unsuru taşıdığı gibi taş ocak sahaslarının yakınlarında yer alan köy vb. yerleşim birimleri veya ocak sahasının hemen önünden geçmekte olan yol ve bu yolda seyreden araç trafiği açısından tehlike arz etmektedir.

• Doğu Karadeniz Bölgesi'nde işletilmekte olan taş ocaklarında kademeli işletme yöntemi ile çalışılma yapılmayıp, malzeme üretim çalışmalarının genelde taban kotunda yapılması nedeniyle, ocak sahasının hemen önünden akmakta olan dere yatakları, ocak malzemesi ile dolmakta, kesitleri daralan dere yataklarının su akış rejimi bozulmakta, herhangi bir feyezan durumunda bu dere yatakları taşarak, ocak sahasının, yolların ve bina vb. her türlü yapı ve tesislerin zarar görmesine neden olmaktadır.

6 TAŞ OCAKLARINDA YAPILMAKTA OLAN UYGULAMALARIN YARATTIĞI SORUNLAR

Taş ocak işletmesinde öncelikli amaç, çevre sakinlerine, arazi ve emlağa zarar vermeden, kişilerin can güvenliğini tehlikeye altına sokmadan emniyetli bir şekilde, imalata uygun malzeme temin etmek olması gerekirken, işletilmekte olan taş ocak sahaslarında, taş ocak işletmesinden sorumlu ve ilgili olan tüm kişilerin yanlış ve eksik ocak işletme anlayışına sahip olmaları ile birlikte bu kişilerin delme, patlatma ve ateşleme teknikleri konusunda bilgi ve beceri yetersizliği altında, taş ocak sahaslarında yapılan her türlü girişim ve çalışmalar, birçok problemlerin ve sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

• Çok dik ve yüksek arazi topografyasına sahip taş ocaklarında, kademersiz işletme anlayışının yerleşmesi nedeniyle, yapılacak tüm çalışmalara yön verecek bir işletme planı hazırlanmamakta, bu işletme planı çerçevesinde kademeli işletme yapılmadığı için ocak sahaslarında çok yüksek ve dik üretim aynaları teşkil edilmektedir.

• Çok yüksek ve dik aynalarda malzeme alabilmek için yanlış delme ve ateşleme teknikleri uygulanmakta, büyük kütleleri almaya yönelik yapılan galeri atımlarında mecburen çok fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmaktadır.

• Taş ocaklarındaki işletme şartlarının uygun olmaması ve ocak aynalarının çok yüksek ve dik teşkil edilmesi, çevre ve insan sağlığını etkileyen, çevre arazi ve emlağa zarar veren ateşlemelerin yapılmasına ortam yaratmaktadır.

• Ocak sahasındaki işletme şartlarının uygunsuzluğu ve ocak aynalarının yüksek teşkil edilmesi, yapılan ateşlemelerin istenildiği gibi olmamasına, gereksiz yere sarsıntı yaratılmasına, imalata uygun olmayan denge bir kategorik üretim yapılarak ocakların verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır.

• Taş ocaklarında planlı ve programlı çalışmalar yapılmadığından, delme, ateşleme, yükleme, nakliye vb. tüm ocak içi faaliyetler iç içe geçmekte ve birbirlerini olumsuz yönde etkilemekte, yapılan çalışmaların kontrol altına alınması zorlaşmaktadır.

• Ayrıca taş ocaklarında bir işletme planına dayanmadan, plansız, programsız ve amaçsız bir şekilde sadece taş almaya yönelik yapılan taş üretim çalışmaları, taş ocaklarının işletme yapılamaz hale getirilip köreltilmesine neden olduğu gibi ileride ocakta herhangi çalışma yapılmasını da engellemektedir.

• Ayrıca taş ocaklarından temiz ve kullanılabilir malzeme almakta zorluk çekilmekte, ocakların temiz ve istenildiği gibi malzeme temin edilmesi konusunda işletilmeyecek hale getirilmektedir.

• Gelişi güzel ve günü birlik kararlara bağlı olarak yürütülen taş üretim faaliyetleri, ocak sahasındaki işletme şartlarının, kişilerin can ve mal güvenliğini tehdit eder hale gelmesine ve sonraki çalışmaların iyice zor şartlar altında yapılmasına neden olmaktadır.

• Kademe ve servis yolları oluşturulması düşünülmeden yapılan üretim girişimleri, ileride ocak sahasında maliyeti ve külfyeti çok zor olan kademe ve servis yollarının yapımına veya hiç yapılamamasına neden olmaktadır.

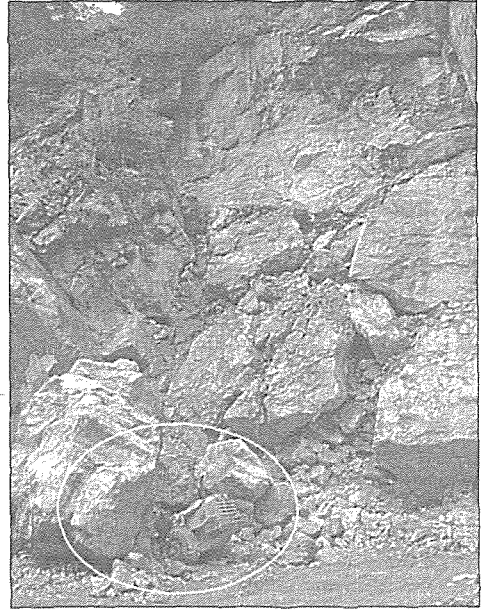
• Delme ve ateşleme tekniklerinin yanlış uygulanması ve yapılan ateşlemelerde fazla miktarda patlayıcı maddenin kullanılması nedeniyle, ocak aynasında çatlaklar ve oynamalar olmakta, stabilitesi bozulduğu için heyelan riski taşıyan ocak aynaları ve ocak aynaların da askıda duran taş ve kaya kütleleri, ocak içi çalışmalar için tehlike arz etmekte, ocak sahasındaki işletme şartları bir kat daha tehlikeli ve riskli hale gelmektedir.

• Taş ocaklarında can ve mal güvenliği açısından tehlike unsuru içeren işletme şartları, ocak sahalalarında emniyetsiz bir ortamın oluşmasına, işletmede yapılan tüm çalışmaların bir risk ve tehlike altında yürütülmesine neden olmakta, bu durum iş güvenliği açısından sakınca doğurmaktadır.

7 SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Sonuç

Yukarıda bahsedilen maddelerdeki hususlara rağmen ocak işletmesinden sorumlu kişi ve kurumların bu konuda gereken önem ve hassasiyeti göstererek gerekli girişim ve düzenlemelerde bulunmamları, taş ocaklarında yaşanan sıkıntı ve problemlerin katlanarak büyümesine neden olduğu gibi, taş ocaklarında iş güvenliği yönünden yeterli önlem ve tedbirler alınmadığı için meydana gelen elim iş kazaları (Şekil 19) can ve mal kayıplarına yol açmakta, ocak işletmesi ile ilgili tüm kişiler cezai uygulamalarla karşı karşıya kalmaktadırlar.

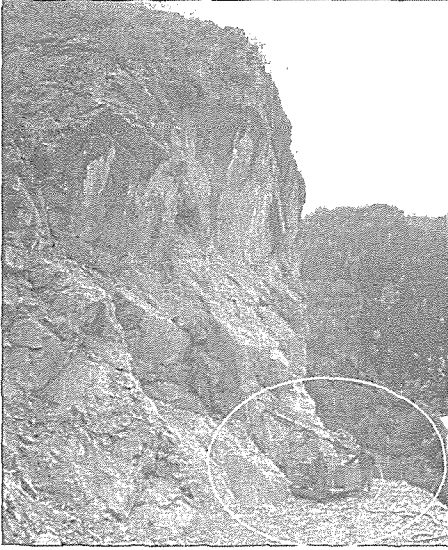


Şekil 19. Ocak sahasında meydana gelen iş kazası

Ayrıca taş ocaklarında ilgili kanun, nizam ve tüzüklere uygun olarak işletme yapılmaması nedeniyle çevre sakinlerinden birçok şikâyetler gelmekte ve bu sorunların mahkemelere taşınması nedeniyle çeşitli kamu kurum ve kuruluşlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Ve bu nedenle bazı taş ocaklarında ilgili makamlarca tüm faaliyetler geçici süre için durdurulmakta, hatta bazı ocak tahsisleri valiliklerce iptal edilerek ocaklar tamamen kapatılmaktadır.

Galeri yöntemi ile kademesiz işletme yapılan taş ocaklarında, çevre sakinlerinden gelen şikâyetler ve ilgili makamlarca yapılan uyarılar nedeniyle, gerekli ön hazırlık ve düzenlemeler yapılmadan ve herhangi bir alt yapı oluşturulmadan yapılan basamaklı işletme sistemine geçme teşebbüsleri, bu konuda yeterli bilgi

ve tecrübeye sahip olunmadığı için yanlış uygulanmakta, ocak sahasında işletme aşamasında, malzeme üretimi amacıyla yapılan girişimler sırasında delik makinelerinin yanlış yönlendirilmekte, can ve mal güvenliğini tehdit eden tehlikeli ortamlarda çalıştırılmaktadırlar.



Şekil 20. Ocak sahasında yanlış çalıştırılan deliçi

Sonuç olarak Doğu Karadeniz Bölgesinde işletilmekte olan tüm malzeme ocaklarında büyük sıkıntılar yaşandığı, taş ocaklarındaki yanlış işletme anlayışı ve bilgi ve beceri yetersizliği ile yapılan çalışmalar neticesinde ileride malzeme temini konusunda ocakların işletilemez hale geleceği, bu ocaklarda işletme yaptırılmaması veya ocakların kapatılması sağlayıcının söz konusu olacağı, dolayısı ile ve malzeme temin etmek için ocak bulunamayacağı durumu gündeme gelecektir.

7.2 Öneriler

- İşletilme yapılması planlanan taş ocaklarında arazi topografyasının özelliklerine ve kamulaştırmanın durumuna bakılmadan, tek amacın kademe oluşturulmasının gerektiği prensip olarak kabul edilmelidir.
- Taş ocak işletmelerinde şartlar ne olursa olsun öncelikle, en iyi ve en verimli şekilde malzeme alınmasını sağlayacak gerçekçi ve uzun vadeye dayanan ocak işletme planları mutlaka hazırlanmalı, taş ocaklarında yapılacak tüm ihzarat çalışmaları baştan sona kadar bu plana bağlı olarak yürütülmelidir.
- Plansız, programsız bir şekilde, günü birlik plana ve düşünceye bağlı kalarak, sadece taş almaya

yönelik yapılacak olan delme ve patlatma çalışmaları ocakların işletilemez hale getirilip köreltilmesine neden olacağı unutulmamalıdır.

- İşletilmesi planlanan taş ocaklarında arazi topografyasındaki zorluklara ve kamulaştırmadaki sıkıntılara bakılmadan tek amacın taş ocağında kademeli işletme sisteminin oluşturulmasının gerektiği prensip olarak kabul edilip bu düşünceden asla taviz verilmemelidir.
- Taşocaklarında kesinlikle çok yüksek üretim aynalarının oluşumuna meydan vermeden, oluşturulacak kademelerin yüksekliği galeri çalışmasında 25-30 m, deliçi makine ile çalışılması durumunda 10-15 m olacak şekilde planlanmalıdır.
- Kademelerin ve bunlara ait ocak içi servis yollarının oluşturulması bir anda yapılamayacağı için taş ocağında ihzarata yönelik tüm delme ve patlatma girişimleri, ocağa oluşturulması planlanan kademe ve servis yolları hesaba katılarak yapılmalıdır.
- Kademe ve servis yolları oluşturulması düşünülmeden yapılacak ihzarat girişimleri ileride ocak sahasında maliyeti ve külfyeti çok zor olan kademe ve servis yollarının yapımına veya hiç yapılamamasına neden olacağı unutulmamalıdır.
- Taşocaklarında yapılacak olan kademeli çalışma sistemi Kademeli çalışma sisteminde açıklanan uygulama esasları dikkate alınarak yapılmalı, bu konuda gereken plan ve program oluşturulmalıdır.
- Kademeli çalışma sistemindeki uygulama esasları yerine getirildikten sonra ateşleme ile ilgili bilgiler ve galeri yönteminin uygulama esasları dikkate alınarak galeri ateşlemeleri yapılmalıdır.
- Yapılan her türlü ateşleme sistemlerinde kesinlikle numaralı kapsül kullanılarak ateşlemeler yapılmalı ve bu alışkanlık haline getirilmelidir.
- Çok yüksek üretim aynalarının oluşumuna meydan vererek, çok miktarda patlayıcı madde içeren büyük boyutlu galeri atımları yerine en fazla 30 m ayna yüksekliklerine hitap eden ve daha az patlayıcı madde kullanımını gerektiren küçük galeri ateşlemeleri yapılmalıdır.
- Yapılan delme ve patlatma girişimlerinin amacı bir seferde çok miktarda taş almak yerine, çevre sakinlerine, arazi ve emlağa zarar vermeden, imalata en uygun istenildiği gibi malzemeyi alabilmek olmalıdır.
- Daha fazla malzeme alabilmek için büyük kütleleri parçalamaya yönelik yapılan galeri ateşlemelerinde kullanılan patlayıcı maddenin fazlalığı o kütleyle uygulanacak basınç enerjisinin fazla olmasına neden olacağı, bu nedenle malzemenin aşırı ufalanmasına ve istenildiği gibi malzeme alınmamasına, imalata uygun olmayan dengesiz bir kategorik üretim yapılarak ocakların verimsiz kullanılmasına neden olacağı unutulmamaktadır.
- Çok yüksek teşkil edilen ocak aynalarında yapılan ateşlemelerin etkisi, ocak aynasının en üst kısımlarındaki yapıları tam etkileyemeyeceği, bu

yapıların altının boşaltılarak askıda kalmasına ve tam parçalanamayıp çalışma sahasında yapılacak olan tüm çalışmaları tehlikeye sokacağı göz önünde bulundurularak bu tür uygulama tercih edilmemelidir.

- İyi bir taş ocak işletmeciliğinde sadece kademeli çalışma yapmanın yeterli olmadığı, ideal bir ateşleme yapabilmek için delme ve patlatma tekniğindeki esaslarında dikkate almak ve birçok serbest yüzeyin oluşturulması gerektiği unutulmamalıdır.

- Taş ocak işletmelerinde, taş ocak işletmeciliğini konusunda tam anlamı ile yeterli bilgi ve beceriye sahip, ocak işletme planı oluşturabilecek ve bu planı uygulayabilecek, yetki ve sorumluluk alanı sadece taş ocak işletmesi olan ocak mühendisleri mutlaka ilgili firmalarca taş ocak işletmesinin başında bulundurulmalıdır.

Patlatma Kaynaklı Çevresel Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları

A. Kahriman & Ü. Özer, A. Karadoğan, D. Adıgüzel

Istanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar-Istanbul

ÖZET: Patlatmanın kaçınılmaz olduğu madencilik, taş ocakçılığı, inşaat gibi çeşitli sektörlerde; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri ile sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır. Basamak patlatması tasarımı yapılırken sadece ekonomik ve teknik unsurlar değil hava şoku ve yer sarsıntısından kaynaklanan çevresel problemlerinde dikkate alınması ve en aza indirgenmesi gerekmektedir. Çevresel şikâyetlerin minimize edilmesi sırasında, Yersarsıntısı bileşenlerinin önceden tahmin edilmesi büyük rol oynamaktadır. Bu bildiride; farklı bölgelerde bulunan bazı taş ve maden ocaklarındaki basamak patlatması sonucu oluşan yersarsıntısı ve hava şoku ölçüm sonuçları sunulmaktadır. Bu kapsamda çalışılan sahalar için parçacık hızının tahminine yönelik olarak, uzun bir periyotta, basamak patlatmaları yapılmış ve yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Bunun için her atımın ölçekli mesafe unsurları dikkatlice kaydedilirken, White Mini-Seis, InstanTel Minimate Plus ve InstanTel Blastmate model titreşim ölçer cihazları ile yersarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Titreşim cihazı sayısı elde olan imkânlarla bağlı olarak değişmiştir. Parçacık hızının kestirimi için literatürde yaygın kullanıma sahip kareköklü ölçekli mesafe eşitliği göz önüne alınmıştır. Daha sonra, ölçekli mesafe ve parçacık hızı veri çiftleri her saha için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Değerlendirme sonunda, söz konusu sahalar için parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında iyi korelasyonlu ampirik ilişkiler elde edilmiş ve önerilmiştir.

ABSTRACT: The environmental problems arising from ground vibration and air blast have been faced and discussed frequently in various industries such as quarry, mining, civil works, shaft, tunneling, pipe line and dam construction etc. where the blasting operations are unavoidable. In bench blast design, not only the technical and economical aspects, such as block size, uniformity and cost, but also the elimination of environmental problems resulting from ground vibration and air blast should be taken into consideration. The prediction of ground vibration components plays an important role in the minimization of the environmental complaints. This paper presents the results of ground vibration and air blast measurements carried out in some open pits and quarries located at different sites. Within the scope of this study in order to predict peak particle velocity level for these sites, ground vibration components were measured for each shot during bench blasting. Parameters of scaled distance (charge quantity per delay and the distance between the source and the station) were recorded carefully and the ground vibration components were measured for all blasts by using White Mini-Seis, InstanTel Minimate Plus and InstanTel Blastmate models vibration monitors. The number of vibration monitors varied depending on the availability of the monitors. The equation of square root scaled distance extensively used in the literature was taken into consideration for the prediction of peak particle velocity. Then, the data pairs of scaled distance and particle velocity were analyzed statistically for each site. At the end of statistical evaluation of the data pairs, an empirical relation with a reasonable correlation coefficient was established between peak particle velocity and scaled distance for each site.

1 GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu-tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde, yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri ile sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır. Bu

nedenle, patlatma tasarımında yalnızca parçalanma derecesi, eş dağılımlılık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin elimine edilmesi de dikkate alınmalıdır (Kahriman, 1995).

Patlatmadan kaynaklanan titreşim bileşenlerinin tahmin edilmesi çevresel şikâyetleri önlemede büyük

önem taşımaktadır. Son yıllarda, patlatmalı kazılardan sorumlu teknik elemanların karşılaştıkları sorunlardan biri de yer sarsıntısı ve hava şokları nedeniyle, çevrede yaşayan kişi ya da kuruluşların haklı veya haksız şikâyetleridir.

Nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak bu tür gerçek ya da psikolojik rahatsızlıklar giderek de yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin; patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı, fırlayan kaya ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi bakımından patlatma tasarımında yanıt aranacak bir diğer konu da, herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilen en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar yapabilmektir.

Gelişmiş ülkelerde, patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, ülkemize göre daha çok önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada, öncelikle konunun temel prensipleri sunulmuş ve daha sonra farklı sorunların yaşandığı maden ve taş ocağı işletmelerinde gerçekleştirilen patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku ölçümleri değerlendirilmiş ve her sahada karşılaşılan sorunlara göre yorumlar yapılmıştır.

2 PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRE SORUNLARI

İnsanlık tarihi incelendiğinde, barutun icadından beri patlayıcı madde kullanımına rastlanmaktadır. Son birkaç yüzyıldan beri patlayıcı maddeler ağırlıklı olarak askeri amaçların dışında kaya kütlelerini parçalamak amacı ile kullanılmaya başlanılmıştır. Patlayıcı maddelerin kaya kütlelerini kırma amacı ile kullanımlarında çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk bulunmaktadır. Bu olumsuzluklar; taş savrulması, hava şoku, toz emisyonu ve yer sarsıntısı etkileridir.

2.1 Taş savrulması

Patlayıcı maddenin kaya kütlesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlelerinde bir kısım yırtılmaları neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar.

2.2 Hava Şoku

Kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür.

2.3 Toz Emisyonu

Patlatma ile kayaların kırılması aşamasında, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Hareket sırasında bir kısım iç öğütme meydana gelir. Bu nedenle bir miktar toz emisyonu kaçınılmazdır. Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek teknik bir önlem bulunmamaktadır.

2.4 Yer Sarsıntısı

Patlatma ile çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi yer sarsıntısıdır. Çünkü gerek taş savrulması ve gerekse hava şoku patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken, yer sarsıntısı çok uzaklarda da kendini hissettirebilmektedir. Yer sarsıntıları depremler ile benzer etkiler yaparlar (Kahriman, 1995).

Binalara verilen hasarda, tek başına sarsıntıların taşıdıkları enerji düzeyi sorumlu olmamaktadır. Bu olayda binaların yapım tekniği, boyutları kadar da üzerinde oturdukları zemin özellikleri de etkin olabilmektedir. Bu nedenler ile sarsıntıya bağlı hasar etütlerinde çok kapsamlı çalışmak gerekmektedir.

2.4.1 Patlatma hasar kriterleri

Yaklaşık 60 yıldır, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri değişik başarı dereceleriyle uygulanmış gelmiştir. Bu kriterlerden en önemlileri ve en çok kullanılanları, Amerika Birleşik Devletler Maden Bürosunun (USBM) ve Alman Standartları Enstitüsünün (DIN-4150) hazırlanmış olduğu normlardır. Bu çalışmada verilen uygulamalarda da ülkemizde daha önce böyle bir hasar kriteri oluşturulmadığından, değerlendirme esnasında USBM ve DIN-4150 normlarından faydalanılmıştır.

2.4.2 Ölçekli mesafe kavramı

Tahminler için öne sürülen çeşitli ampirik ilişkilerden en çok ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara güvenilmektedir. Ölçekli mesafe, kavram olarak, yer hareketlerinin değişik uzaklıklardaki patlatma seviyelerinin miktarları ile ilişkilidir. Ölçek, uzaklığa bağlı olarak kullanılan birimsiz bir faktördür. Ölçekli mesafe, sismik gelişimi ve hava şoku enerjisini etkileyen gecikme başına şarj miktarı ve patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafenin kombinasyonlarından türetilmektedir. Parçacık hızını, ölçekli mesafeye

bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, yersarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır. Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formül aşağıda verilmektedir

$$SD=R/\sqrt{W}$$

Burada;

SD: Ölçekli mesafe

R: Patlatma noktasından uzaklık (m)

W:Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

2.4.3 Maksimum Parçacık Hızı Tahmini

Patlatmadan kaynaklanan yersarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, yersarsıntılarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızının tahmininin en iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Literatürde silindirik şarj uygulamalarında maksimum parçacık hızının tahmin edilmesinde en sık kullanılan formül aşağıda verilmektedir

$$PPV = K \times SD^{-\beta}$$

Burada:

PPV: Maksimum Parçacık Hızı

SD: Ölçekli Mesafe

K: Saha Sabiti (geçirgenlik katsayısı)

β : Saha Sabiti (saha sönümleme katsayısı)

3 UYGULAMALAR

3.1 Uygulama 1

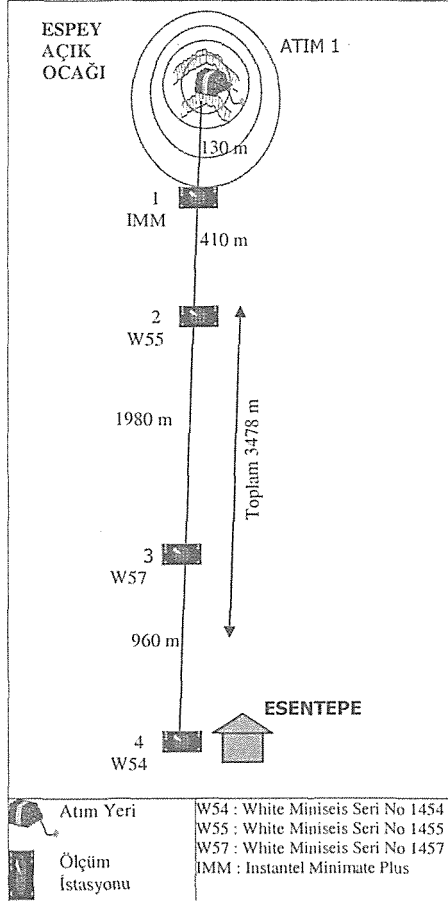
3.1.1 Araştırmanın amacı

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Emet Bor İşletmeleri Müdürlüğü'nün hammadde ihtiyacını karşılamak üzere halen üretim faaliyetleri sürdürülen Espey Açık Ocağı'nda dekapaj ve cevher üretimi sırasında, ocakta geçmiş yıllarda yapılan patlatma çalışmalarından kaynaklanan şikayetlerin çeşitli uzaklıktaki çevre sakinlerinin (Şekil 1) baş vurusu ile adliyeye intikal etmesi sonucu, patlatma kaynaklı titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin, sahada gerçekleştirilecek yeterli sayıda atım olayı bazında ölçülmesi ve yakın bölgede yer alan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda geriye dönük bir değerlendirme yapılması bu çalışmanın amacını teşkil etmiştir.

3.1.2 Araştırma sahasının tanımı

Kazı ve üretim faaliyeti yapılan çalışma alanı, pliyosen yaşlı kayalardan oluşmaktadır. Çalışma alanında gözlenen egemen kaya birimleri, üst örtü tabakasında kireçtaşı ve cevherde ise kolemanittir.

Espey Açık Ocağı'nın jeolojisini oluşturan Kireçtaşı ve Kolemanit birimlerinin sertlik değerlerinin bulunabilmesi amacıyla, arazide yerinde Schmidt çekici deneyleri yapılmıştır. Söz konusu deneyler sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanik Derneği tarafından önerilen (ISRM, 1992) Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri; 1. atım bölgesindeki kireçtaşı için "Sert", 6. ve 11. atım yerlerindeki kireçtaşı ve kolemanit için ise "Oldukça Sert" grupta yer aldıkları belirlenmiştir (Kahriman, 2004).



Şekil 1. Espey Açık Ocağı ile dava konusu olan yerleşim birimlerinin konumları ve uzaklıkları (Kahriman, 2004).

3.1.3 Araştırmada uygulanan yöntem

Çalışma kapsamında, öncelikle uygulanmakta olan patlatma düzeni ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda uygulanan patlatma modelinin, esas olarak basamak patlatması olduğu anlaşılmıştır. Geçmiş dönem atım patern ve

protokolleri incelenerek, üretici firmanın Espey Açık Ocağı'nda geçmişte genelde uyguladığı paternlere uygun 11 adet atım düzenlenmiş, değişik zamanlarda 4 adet titreşim ölçer cihazı ile dava konusu yerleşim birimleri istikametinde belirli aralıklarla konumlandırılmak suretiyle izlenmiştir. Her bir atımda; ölçüm noktaları (4 ayrı cihazın belirli aralıklarla kurulduğu istasyon noktaları), patlatma atım yerleri ve dava konusu yapıların yer aldığı mahaller aynı istikamette kalacak şekilde sistematik bir yaklaşım izlenerek kayıtlar alınmıştır. İşletme normal üretim faaliyetine geçtikten sonra da ayrıca 2 adet üretim halindeki atımları da benzer yaklaşımla izlenmiş ve eş zamanlı olarak 4 ayrı cihazla yine titreşim kaydı alınmıştır (Kahriman, 2004).

Patlayıcı madde olarak, ocakta geleneksel olarak kullanıldığı anlaşılan ANFO ve sulu deliklerde Powergel Magnum 600, yemlemede ise Powergel Magnum kullanılmıştır. Ateşleme, gecikmeli elektrikli kapsüllerle yapılmıştır.

Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Sahada değişik zamanlarda gerçekleştirilen toplam 13 atım için ölçekli mesafe unsurları kaydedilirken, yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri de 4 ayrı (1 adet Instanitel Minimate Plus ve 3 adet White Mini-Seis Model) titreşim ölçer cihazı ve ekipmanıyla ölçülmüştür.

Titreşim ölçümleri, Esentepe Mahallesi ve Hurşitler Çiftliği yönleri başta olmak üzere farklı noktalardan yapılmıştır. Cihazlar konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla ocağa çok yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Şekil 1'deki planda örnek teşkil etmesi için tek bir atıma ait, üretim faaliyetleri sürdürülen Espey Açık Ocağı ile dava konusu olan yerleşim birimlerinden Esentepe Mahallesinin konumu ve uzaklığı gösterilmiştir. Söz konusu yerleşim birimleri Esentepe Mahallesi, Hurşitler Çiftliği ve Gedik Ardi'na ortalama uzaklıkları sırasıyla 3000m, 3500 m ve 2800 m civarındadır.

Daha sonra elde edilen ölçüm sonuçlarının, SPSS V.10 programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Ayrıca, ilerideki çalışmalarla baz oluşturmak amacıyla maksimum parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde şarjları ve kaynak-ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe parametresiyle parçacık hızı arasındaki ilişki araştırılmış, çalışma kapsamında elde edilen sınırlı sayıdaki veri çiftleri kullanılarak saha faktörlerini yansıtan, titreşim hızının kestirimi için ön değerlendirmelerde kullanılacak ampirik bir formül elde edilmiştir. Devam eden

çalışmalardan elde edilecek yeni verilerle güncelleştirilmek suretiyle formülün tahmin hassasiyeti daha da artırılabilir (Kahriman, 2004).

3.1.4 Düzenlenen atım paternleri

Patlatmalı kazı zorunluluğu olduğu, bu nedenle de esasen bu şekildeki faaliyetlerin sürdürüle geldiği çalışma alanında, firma ekipman ve imkanlarıyla birlikte arazi topografyasının izin verdiği ölçüde kontrollü basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı belirlenmiştir. Sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen toplam 13 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 1'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü üzere, her bir atımla ilgili delik çapı, boyu, eğimi, düzeni ve adedi, basamak yüksekliği, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe vs tüm bilgiler yer almıştır. Ayrıca atımın gerçekleştirildiği ocak basamakları da belirtilmiştir. Düzenlenen atımların ocağın muhtelif bölgelerini (ocak üst orta ve taban kademelerini) ve kaya birimlerini (cevher ve dekapaj) temsil edecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.5 Ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında; izlenen 13 adet atıma ait toplam 38 adet olay kaydedilmiş (13 olay ise cihaz kuruluş değerlerinin düşük tutulmasına rağmen uzaklığın fazla olması nedeniyle kaydedilememiştir). Bu çalışmada ek olarak parçacık hızı tahmini için gecikme başına düşen en fazla patlayıcı miktarı ve kaynak ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı arasındaki ilişki incelenmiştir.

Ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak SPSS programı ile yapılan regresyon analizi sonucunda bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formülle ifade edilmiştir.

$$PPV = 294.5 \times SD^{-1.45}; \quad (r= 0.71)$$

Buna göre saha sabitleri sırasıyla $K = 294.5$ ve $\beta = - 1.45$ olarak bulunmuştur. Anlamlı sayılabilecek bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, işletmede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede çok önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

Tablo 1. Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi (Kahrıman, 2004).

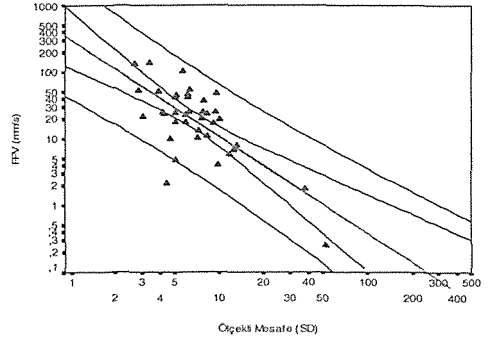
Atım No	1	6	9
Atım Tarihi	07.05.04	12.05.04	15.05.04
Atım Saati	16:30	14:35	12:32
Basamak No	980	910	890
Delik Sayısı	10	6	4
Delik Çapı, d (mm)	152	152	152
Delik Eğimi, α (°)	90	90	90
Basamak Yüksekliği K (m)	8	10	10
Sıra Sayısı	2	1	1
Delik Boyu, H (m)	6	6	6
Dilim Kalınlığı, B (m)	3.5	4	3
Delikler Arası Mesafe, S (m)	3.5	3	4
Sıkılama, h0 (m)	3	3	3
Yemleme Miktarı, (kg)	10	6	4
Toplam Şarj, Q (kg)	510	306	204
Gecikme Başına	102	153	204
Toplam Şarj, W (kg)			
Toplam Kapsül Adedi	10	6	4

Literatüre uygun olarak makul sayılabilecek korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun %50 ve %95 tahmin limitlerinde belirlenen en yüksek parçacık hızına karşılık gelen ölçekli mesafe ilişkisinin logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 2'de gösterilmiştir.

Espey Açık Ocağı'nda patlatmadan kaynaklanan yer titreşim hareketiyle ilgili parametrelerin, özellikle de literatürde genel kabul görmüş olan maksimum parçacık hızının genliklerini, (geçmişe yada geleceğe yönelik) tahmininde yukarıda verilen eşitlik kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede eşik hasar limiti olarak en olumsuz koşullar düşünülerek, daha muhafazakar limitler öngören DIN 4150 Alman Normu esas alınmıştır. Burada da yapı tipleri için yıpranmış eski yapılarla ilgili kriter düşünülmüş ve ölçülmüş olan değerler genelde yüksek olmasına karşın, titreşim frekansı içinde düşük değerler (10 Hz altı olacağı kabul edilmiştir) olarak kabul edildiğinde, hasar normuna göre EŞİK HASAR için 3 mm /s lik maksimum parçacık hızı söz konusu olmaktadır.

Söz konusu norma göre, hasar başlangıç sınırı olan 3 mm/s' lik maksimum parçacık hızı dikkate alınarak yapılan analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de verilen değerlendirme sonuçlarına göre, Espey Açık Ocağına ait parçacık hızı tahmini için yukarıda elde edilen eşitlik kullanılarak, dava konusu olan Gedik Ardı, Esentepe mahallesi ve Hurşitler Çiftliği'nde, yukarıda belirtilen eşik hasar limitinin oluşabilmesi için, söz konusu ocakta yapılan patlatmalarda gecikme başına kullanılması gereken maksimum

patlayıcı madde miktarı, %50 tahmin hattına göre Gedik Ardı için 13900 kg, Esentepe için 16000 kg ve Hurşitler Çiftliği için 21800 kg, % 95 tahmin limitine göre ise sırasıyla 710 kg, 815 kg ve 1110 kg bulunmuştur.



Şekil 2. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi (Kahrıman, 2004).

Buna ilaveten, yine yukarıda elde edilen eşitlik kullanılarak Tablo 2'de % 50 ve %95 tahmin hatlarına göre elde edilen miktarların Espey Açık Ocağı'nda yapılan patlatmalarda kullanılması durumunda, değişik mesafelerde elde edilecek maksimum parçacık hızları da Tablo 3'de verilmiştir. Araştırma kapsamında yapılan atımlar ve Davalı kuruluşun geçmiş dönemlerde yaptıkları patlatmaların protokolleri incelendiğinde, gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarının yukarıda elde edilen değerlerden çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Hasar Başlangıç Limitine Göre Hesaplanan Gecikme Başına Kullanılması Gereken Maksimum Patlayıcı Madde Miktarı (Kahrıman, 2004).

Yer	Gedik Ardı	Esentepe Mahallesi	Hurşitler Çiftliği	
Ocak Mesafesi (m)	2800	3000	3500	
Eşik Hasar Başlangıç Limiti (mm/s)	3	3	3	
Gecikme Başına Kullanılması Gereken Maksimum Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	%50 Tahmine Hattına Göre	13900	16000	21800
	% 95 Tahmin Hattına Göre	710	815	1110

Yukarıda belirtilen miktarların tek bir atımda kullanılabilmesi için çok fazla deliğin aynı gecikmede ateşlenmesi gerekmektedir. Bu durum, ocak koşullarına uygunluk arz etmemektedir. Kaldı ki, yukarıda belirtilen miktarlarda veya bu miktarlara yakın patlayıcı madde, geçmiş dönemlerde kullanılsa

idi, Dava konusu dışında bulunan ve de Espsey Açık Ocağı'na yaklaşık 500 m mesafede olan, Çalcağıllı Köyü ile Davalı kurumun ocak içindeki bina ve tesislerinde yıkıcı ve can kaybı yaratan olayların olması gerektiği, Tablo 3'den elde edilen maksimum parçacık hızlarından anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Değişik Mesafeler İçin Hesaplanan Maksimum Parçacık Hızı (Kahrıman 2004).

Mesafe (m)	Hesaplanan Maksimum Parçacık Hızı, PPV(mm/s)		
	Gedik Ardı Yönünde	Esentepe Yönünde	Hurşitler Ç. Yönünde
	% 50 Tahmin Hattına Göre		
	13900 kg	16000 kg	21800 kg
100	375	415	519
300	76	84	105
500	36	40	50
1000	13	15	18
3000	2.7	3	3.7
3500	2.1	2.4	3
	% 95 Tahmin Hattına Göre		
	710 kg	710 kg	710 kg
100	234	234	234
300	58	58	58
500	30	30	30
1000	12	12	12
3000	3	3	3
3500	2.5	2.5	2.5

Bu veriler ışığında, bu çalışma esnasında yapılan atımların, gerek çok uzaktaki yerleşim birimleri gerekse atıma yakın seçilen diğer istasyonlarda herhangi bir hasar riski taşımadığı anlaşılmaktadır. Kazı sahasında yapılan atımlar sırasında cihazları mikrofonu zemine yerleştirilerek hava şoku değerleri 104 - 140 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerler, atımların, seçilen ölçüm istasyonlarına göre çok daha uzakta bulunan tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları, sestən rahatsız olma gibi durumların da meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır (Kahrıman 2004).

3.1.6 Sonuçlar

Dava konusu yapıların oturduğu zeminlerde, Esentepe Mahallesi'nde kireçtaşı ve marn, Hurşitler Çiftliğinde az çakıllı kilaşı ve Gedikardındaki dava konusu yapıda ise marn ve killi kireçtaşı ardalımları bulunmaktadır. Dava konusu yapıdaki hasarlar, yapı temellerinde bulunan kaya türünden bağımsız olarak gelişmiştir. İnşaa edilen yapının zemini genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut yapı yükleri altında herhangi bir jeolojik sorun (oturma, şişme, heyelan, çökme, sel gibi) bulunmamaktadır. Deprem kayıtları, incelemeye konu olan yapıdaki hasarların oluşmasında depremlerin etkili olduğunu göstermektedir.

Basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı anlaşılan Espsey Açık Ocağında kazı sırasında, izlenen ve ölçülen paternlerdeki atımlar sırasında, patlatmadan kaynaklanarak kayaç içinde oluşan titreşim ve hava şokunun, ölçü alınan noktalar itibarıyla dava konusu yapıda hasar yaratma riski açısından etkili olmayacağı anlaşılmaktadır. Geçmiş dönemlerde yapılmış olan atım verileri de, bu araştırma sonucu elde edilen bulgular ışığında analiz edildiğinde; aynı değerlendirme, bu atımlar için de geçerlilik arz etmektedir. Yani dava konusu yapıda gözlenen hasarların, Espsey Açık Ocağında yapılmış olan geçmiş dönem patlatma çalışmaları sonucunda oluştuğunu ifade etmek mümkün olamamaktadır.

Sonuç olarak; yerinde yapılan tespitler, deneysel ölçümler, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerden; Dava konusu binada meydana gelen hasarlarda; binanın, yapım tarzı ve tekniğine uygun yapılmaması, temellerin yeterli boyutlarda inşaa edilmemesi ve bölgede meydana gelen depremlerin etkisinin olduğu kanaatine ulaşılmıştır (Kahrıman, 2004).

3.2 Uygulama 2

3.2.1 Araştırmanın amacı

Bu çalışmanın amacı, Trabzon İli Maçka İlçesi Dikkaya Köyü yakınında bulunan tarihi kalenin "Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı" niteliğinde olup olmadığının tespiti, işletilmek istenen taşocağının söz konusu Kale'nin koruma alanında olup olmadığını belirlenmesi ve taş ocağının işletme döneminde dekapaj ve cevher üretimi sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin söz konusu kaleye olası fiziksel etkilerinin araştırılmasına yöneliktir (Kahrıman, 2002).

3.2.2 Araştırmada uygulanan yöntem

Uygulanan yöntem aşağıda özetlenmiştir.

- Arazide yapılan gözlem ve incelemeler
- Dosya münderecatının incelenmesi
- Kale kalıntısı ve öngörülen taşocağı faaliyet alanının 1/1000 ölçekli planda görülmesini sağlayacak topoğrafik çalışmanın hazırlanması
- Kaya biriminde numuneler alınması
- Kale kalıntısı ile ilgili 2863 ve 3386 sayılı yasalarda kapsamında değerlendirmeler
- Çalışma alanında egemen olan kaya biriminin (kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneyler yapılması
- Patlatmalı kazının kaçınılmaz olup olmadığını saptanması
- Patlatmalı kazıda özgül şarj miktarının tahmini
- Kontrollü patlatma ilkeleri ve mühendislik uygulamalarında titreşim açısından risk analizi

3.2.3 Deneysel çalışma sonuçları ve analizi

Bu bölge jeolojisini oluşturan ve üretim hedefi olan kireçtaşının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlenmesi amacıyla, sahadan bazı karakteristik örnekler alınarak, yoğunluk, Schmidt çekici ve nokta yükleme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu deneyler sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanik Derneği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerlerinin "OLDUKÇA SERT" ve "yüksek dayanımlı" sınıflarında yer aldıkları anlaşılmıştır. Ayrıca yapılan yoğunluk deneyi sonucunda söz konusu saha için kuru yoğunluğun 2.7 gr/cm^3 olduğu anlaşılmıştır (Kahrıman, 2002).

Belirlenen kaya özellikleri ve saha gözlemleri ile birlikte benzer sahalardaki işletme tecrübelerinden de yararlanılarak yapılan değerlendirmeler ışığında üretim hedeflerini gerçekleştirebilmek için patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Patlatmalı kazının kaçınılmaz olacağı anlaşılan bu sahada, kaya biriminin belirlenen fiziksel ve mekanik özellikleri dikkate alınmak suretiyle, muhtelif ampirik yaklaşımlardan hareketle yapılan analizler sonucu; yapılmak istenen faaliyet kapsamında özgül şarjın 0.350 kg/m^3 düzeyinde olacağı kestirilmiştir. Bulunan bu özgül şarj değeri göz önünde tutularak, ülkemizde mevcut patlayıcı ve ateşleyici elemanların en iyi koşullarda kullanılarak, çok basit yaklaşımlarla da olsa (gecikmeli elektrikli ateşleme) kontrollü patlatma mühendisliği ilkelerinin uygulanacağı varsayımından hareketle; basamak patlatması yapılacağı, basamak yüksekliğinin en fazla 10 m olacağı öngörülerek, gecikme başına düşecek en fazla patlayıcı madde miktarının tek deliğe şarjla 50 kg olacağı ve ilgili diğer basamak patlatması parametrelerinin Tablo 4. de ki gibi olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 4. Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri (Kahrıman, 2002).

Patlayıcı Madde : ANFO	
Delik Eğimi : 80°	
Delik durumu : Kuru delik	
Basamak yüksekliği	10 m
Basamak genişliği	40 m
Delik çapı	89 mm
Pratik Dilim Kalınlığı	3 m
Pratik Delikler arası Mesafe	3.75 m
Delik Taban Payı	0.9 m
Delik Uzunluğu	11.4 m
Bir Sıradaki Aralık Sayısı	14
Sıkılama	3 m
Şarj Konsantrasyonu	6 kg/m
Şarj Uzunluğu	8.4 m
Şarj Miktarı	50 kg
Özgül Şarj	0.44 kg/m^3

3.2.4 Sonuç ve kanaat

Trabzon İli Maçka İlçesi Dikkaya Köyü yakınındaki kalenin "Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı" niteliğinde olup olmadığı, işletilmek istenen taşocağının söz konusu Kale'nin koruma alanında olup olmadığı ve taş ocağının işletme döneminde kaleye olası fiziksel etkileri konusunda yapılan incelemeler ve deneysel çalışmalar ışığındaki tespitlerimiz ve kanaatlerimiz aşağıdaki gibi olmuştur (Kahrıman, 2002).

Söz konusu Kale kalıntısı; arazide kuzey güney doğrultusundaki duvarları ve yaklaşık 4-5 m yüksekliğinde yıkık kulesi ile kısmen ayakta. Duvar kalınlıkları 1 m civarındadır. Duvarlar, yerel moloz taştan inşa edilmiş olup, horasan harcı kullanılmıştır. Yer yer, mazgal ve ahşap hatıl delikleri duvar bedeninde izlenebilmektedir. Söz konusu Kale kalıntısı tarihleyebilmek için kesin veri yoktur. Ancak konumu ve duvar tekniğinden, eski yollar üzerinde var olduğunu bildiğimiz, yolları gözetleme kulesi olarak kullanılmış olmalıdır. Dönem itibarıyla benzerlerinin "Geç Bizans" veya "Ortaçağ" da Anadolu'nun muhtelif yerlerinde yapıp kullanıldığı bilinmektedir. Bu nedenle duvar tekniği açısından söz konusu kale kalıntısı, daha eskiye tarihlenemez. Ancak bu haliyle de 2863 sayılı "Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yasası" kapsamında "Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı" niteliğindedir.

İşletilmek istenen taş ocağı, söz konusu kalenin Trabzon Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun 26.10.2001 tarih ve 4283 sayılı kararı ekindeki 1/25 000 ölçekli haritada tespit edilen koruma alanının içindedir. Ancak arazide yaptığımız gözlemler sonucunda koruma alanının büyük tutulduğu ve 1/25 000 ölçekli haritada belirli röper noktalarından geçirilmediği kanaati oluşmuştur. Koruma alanı için, arazi topografyasından yararlanarak belli eşiklerden geçirilmek suretiyle daha somut bir sınır saptanabileceği düşüncesindeyiz.

Deneysel çalışmalar sonucunda patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılan bu sahada, en önemli fiziksel etki olarak ortaya çıkacağı tahmin edilen patlatma kaynaklı yer sarsıntısının hasar verme riski açısından yapılan analiz sonucunda, taş ocağı işletme sınırının söz konusu kale kalıntısına en fazla 150 m uzaklığa kadar yaklaşabileceği belirlenmiştir ki bu husus yukarıdaki madde de belirtildiği gibi söz konusu kale kalıntısının koruma sınırı olarak önerilen topografik eşiklere de uygunluk göstermektedir. Bu nedenle ayrıntılı gözlem ve analizler sonucu, kale kalıntısı koruma alanının yarı çapı 150 m'den az olmamak koşuluyla ve doğal eşikleri de gözeterek şekilde saptanacak yeni koruma sınırının dışında kalan alanlarda, çağdaş bilimsel teknoloji ve yöntemlerle çalışılmak kaydıyla, doğal çevreyle uyumlu üretim faaliyetinin kaleye fiziki bir zarar vermeyeceği kanaati hasıl olmuştur (Kahrıman, 2002).

3.3 Uygulama 3

3.3.1 Araştırmanın amacı

Bu çalışmada, İstanbul ili Çatalca İlçesinin Muratbey Beldesinin yakınında agrega üretimine yönelik faaliyet gösteren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin, kireçtaşı ocağındaki patlatmalı kaya kazılarının çevresel etkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı; söz konusu ocakta kireçtaşı üretimi sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin, birçok atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların, ocakların çevresinde bulunan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda bir değerlendirme yapılmasıdır (Kahriman ve diğ., 2006).

3.3.2 Çalışma sahasının tanımı

1994 yılından beri faaliyette bulunan Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin kireçtaşı ocağı, Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde İstanbul ili sınırları içerisinde bulunan Çatalca ilçesinin Muratbey Beldesinin hemen güneyinde yer almaktadır.

Çalışma sahası ve yakın çevresinin genel jeolojisini gözden geçirilecek olursa, metamorfik yapıdaki kayalar üzerine normal bir fayla Orta Eosen Oligosen yaşlı Kırklareli Kireçtaşı ve onun üzerinde uyumlu olarak İhsaniye formasyonu gelmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Oligosen-Miyosen yaşlı Pınarhisar formasyonu gelmektedir, bu birimin üzerinde uyumlu olarak Süloğlu Formasyonu, onun üzerinde uyumlu olarak Danişment formasyonu yer almaktadır. Tüm bu jeolojik birimleri sırası ile uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu örtmektedir (Adıgüzel, 2006).

Söz konusu çalışma alanlarında egemen kaya birimi, aynı zamanda kazı ve üretimi yapılan kireçtaşıdır. Bu araştırma kapsamında; öncelikle, çalışma alanında egemen olan kaya biriminin (kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla uygulana gelmekte olan patlatmalı kazı faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, Nokta yükleme dayanım testleri yapılmıştır. Bu bölge jeolojisini oluşturan kristalize kireçtaşının sertlik değerlerinin bulunabilmesi amacıyla, laboratuarda yapılan nokta yükleme dayanım deneyleri sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) tarafından önerilen sertlik skalasındaki yerleri belirlenerek kaya sertliği tasvirleri yapılmış ve "Yüksek Dayanımlı" sınıfında olduğu anlaşılmıştır.

Sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen ölçülen atımlara ilişkin örnek teşkil etmesi bakımından, çoğu atımda uygulanan patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 5'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 5. Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri (Kahriman ve diğ., 2006).

Patlayıcı Madde : ANFO	
Delik Eğimi : 85 ^o	
Basamak yüksekliği	9 m
Delik çapı	89 mm
Dilim Kalınlığı	2,5 m
Delikler arası Mesafe	2,5 m
Delik Taban Payı	1 m
Delik Uzunluğu	10 m
Sıklama	3 m
Sıra Sayısı	1

3.3.3 Araştırmada uygulanan yöntem

Bu çalışma kapsamında, İstanbul'da hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere, üretim faaliyetlerini sürdüren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin Muratbey Beldesinin yakınında bulunan taş ocağında, yapılan patlatma çalışmalarının, çevredeki yerleşim birimlerinde olası hasar düzeyini belirlemek amacıyla, titreşim ölçümleri yapılmıştır.

Basamak patlatmasıyla üretim yapılan ocakta, Orica firmasının ürettiği ateşleme sistemleri ve patlayıcı maddeleri kullanılmaktadır. Patlayıcı madde olarak, kolon şarjı için ANFO, dip şarjı için suya dayanıklı emülsiyon patlayıcı (Powergel 650), Yemleme içinse kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı (Powergel Magnum), ateşleme sistemi içinse elektriksiz kapsüller (Exel) kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında, öncelikle söz konusu ocakta uygulanmakta olan patlatma düzeni ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda uygulanan patlatma modellerinin, esas olarak basamak patlatması olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu işletmenin ocağındaki atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; işletmelerin yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulana gelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara eş zamanlı olarak alınmıştır. Titreşim ölçümlerine esas olacak söz konusu atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. İşletme yetkililerinin atımlarla ilgili uygulanan patern ve protokolleri gerekli verilerin türetilmesinde kullanılmıştır.

Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS kullanılarak belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında, toplam 384 atım (18 Kasım 2005 tarihinden 25 Mayıs 2006 tarihine kadar olan atımların tümü) için yer sarsıntısı ölçümleri yapılırken çoğunlukla White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. 26 Mayıs - 1 Haziran 2006 tarihleri arasında yapılan toplam 10

atımda ise 5 adet InstanTEL Minimate Plus ve 1 adet White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazları kullanılmıştır. Aynı atımın farklı noktadaki etkilerini incelemek için, bazı atımlarda birden çok cihaz kullanılmıştır. Atımların sağlıklı bir şekilde ölçülmesi amacıyla, bazı atımlarda da farklı model titreşim ölçer cihazı (İstanTEL Minimate Plus) kullanılmıştır. Böylece cihaz arızası veya başka nedenlerden doğabilecek yanlış ölçümler önlenmiştir. Çıkarılan sonuçların daha sağlıklı olması amacıyla da deneme atımları sırasında (26 Mayıs 2006–1 Haziran 2006 tarihleri arasında yapılan atımlar) farklı model titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. Kullanılan iki farklı model titreşim ölçer cihazına ait bilgisayar programları sayesinde, kaydedilen patlatma olaylarının geniş analizleri yapılabilmektedir. Cihazların kayıt çıktılarında kaydedilen patlatma olaylarının USBM ve DIN normlarına göre değerlendirmeleri de mevcuttur.

Söz konusu ocaktaki titreşim ölçümleri, özellikle, ocağa yakın olan Muratbey Beldesi yönünde ve şantiye binaları yönünde farklı noktalardan yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla, bazı atımlarda ocağa yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Bazı atımlarda ise söz konusu ocağın bulunduğu bölgedeki Muratbey Beldesinin ocağa yakın binalarının yanı sıra (özellikle şikâyet konusu olan binalar) bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Ölçüm istasyonlarını ve atım bölgeleri Şekil 3'de gösterilmiştir.

Ölçülen ve değerlendirmeye alınan patlatma olayları içerisinde, atım noktası ile ölçüm yeri arasındaki uzaklık en az 73 m, en fazla ise 569 m olmuştur. Daha sonra, sahada yapılan atımlarda elde edilen toplam 302 olayın (18 Kasım 2005-25 Mayıs 2006, 41 adet atımda uzaklık nedeniyle yeterli genlikte sismik dalga oluşmadığından cihaz tarafından kayıt alınamamıştır. 41 atım ise ölçüm cihazı, frekans, ivme ve deplasman değerlerini kayıt etmediğinden toplam 82 adet olay değerlendirilmeye tabii tutulmamıştır). Ölçüm sonuçları bilgisayar destekli data değerlendirme ünitesine aktararak yorumlanmıştır. Titreşim ölçer cihazı ile elde edilen kayıtlar; ülkemizde konuyla ilgili standart ve kriterlerin bulunmaması dolayısıyla, uluslararası standartlarla karşılaştırılarak hasar normları içindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır.

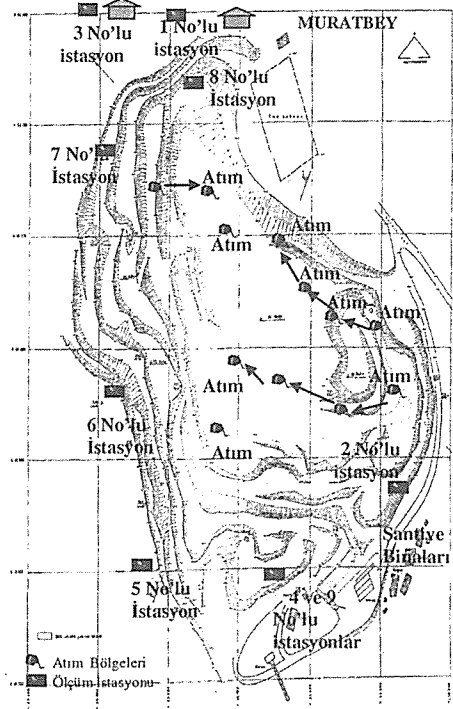
Ayrıca söz konusu ocaktaki tüm atımların, atım bilgileri, tasarım parametreleri, delik geometrisi ve ateşleme bilgileri, patlayıcı madde bilgileri, istasyon noktalarının koordinatları ve titreşim ölçümleri oluşturulan patlatma veri formlarına her atım için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Ayrıca, ilerideki çalışmalara baz oluşturmak amacıyla maksimum parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde şarjları ile atımlar ve ölçüm istasyonları arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak, türetilen ölçekli mesafe

parametresi ile parçacık hızı arasındaki ilişkiler araştırılmış ve çalışma kapsamında elde edilen veri çiftleri kullanılarak, söz konusu ocakta titreşim hızının tahminini trend olarak verebilecek ve ön değerlendirmelerde kullanılacak iyi korelasyonlu ampirik bir ilişki elde edilmiş ve önerilmiştir. Bu önerilen ampirik ilişkinin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, 26 Mayıs 2006–1 Haziran 2006 tarihleri arasındaki atımlar için PPV (en yüksek parçacık hızı) değerleri, atım yapılmadan önce bu ilişkiden faydalanarak tahmin edilmiştir.

3.3.4 Ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi:

Araştırma kapsamında 18 Kasım 2005 – 25 Haziran 2006 tarihler arasında; Akyol Taş Ocağı'nda toplam 384 adet atıma ait toplam 302 adet olay kaydedilmiş (41 adet atımda uzaklık nedeniyle yeterli genlikte sismik dalga oluşmadığından cihaz tarafından kayıt alınamamıştır, 41 atım ise ölçüm cihazı frekans, ivme ve deplasman değerlerini kayıt etmediğinden toplam 82 adet olay değerlendirmeye tabii tutulmamıştır).



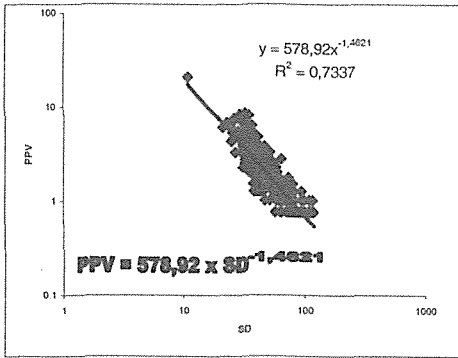
Şekil 3. Atım noktalarını ve ölçüm istasyonlarını gösterir plan (Adıgüzel, 2006).

Bu verilerden hareketle; ölçülen maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) veri çiftleri arasında Microsoft Excel programı kullanılarak

regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, literatüre uygun olarak iyi bir korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun logaritmik grafiksel görünümü Şekil 4'de gösterilmiş ve bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitlerinin trendini veren ilişki aşağıdaki formülle ifade edilmiştir. Elde edilen bu yaklaşımın ve bulunan %50 tahmin hattının yeni veriler ile ocağın derinleşmesi de dikkate alınarak zaman esaslı olarak güncelleştirilmesi gözden uzak tutulmamalıdır (Kahrıman ve diğ., 2006).

$$PPV = 578,92 \times SD^{-1,46} ; (r= 0.86)$$

Buna göre, çalışılan saha sabitleri sırasıyla $K = 578,92$ ve $\beta = - 1,46$ olarak bulunmuştur. İyi bir korelasyon katsayısı ($r=0,86$) ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, söz konusu ocakta titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir (Adıgüzel, 2006).



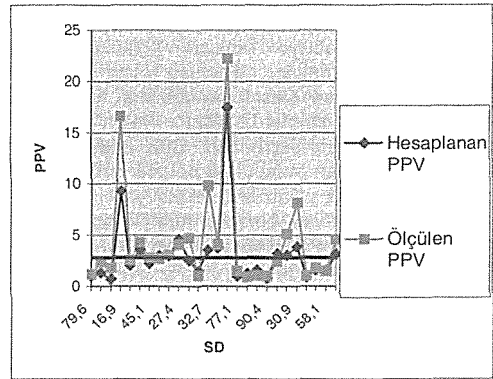
Şekil 4. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki (Adıgüzel, 2006)

Ayrıca SPSS bilgisayar programı kullanılarak PPV-SD arasındaki bu ilişkinin %95 tahmin aralığı ve %95 güven aralığında bulunmuştur. Üst tahmin hattının denklemi $PPV=1096,48 \times SD^{-1,46}$, alt tahmin hattının ise $PPV=309,02 \times SD^{-1,46}$ olarak bulunmuştur. Daha sonra bulunan bu ilişkinin doğruluk derecesini anlamak için, 26 Mayıs-31 Haziran 2006 tarihleri arasındaki atımların ölçümleri yapılmadan önce bu regresyon ifadesiyle ($PPV = 578,92 \times SD^{-1,46}$) PPV hesaplamaları yapılmış ve daha sonra atımlar titreşim ölçer cihazlarıyla ölçülmüştür. 26 Mayıs 2006 tarihinde yapılan atım için farklı ölçüm noktaları belirlenmiş ve 5 adet Instantel Blastmate marka titreşim ölçer

cihazı kullanılmıştır. Diğer deneme atımları içinse 1 adet White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazı ile önceki noktalardan ölçüm alınmıştır.

Hesaplanan ve ölçülen PPV değerleri arasında regresyon analizi yapılmış ve yüksek bir ilişkinin ($r=0,94$) olduğu bulunmuştur. Bu ilişki Şekil 5'de gösterilmiştir. Buda söz konusu sahada bundan sonra yapılacak atımlar için, % 50 tahmin hattına göre bulunan bu regresyon ifadesinin ($PPV = 578,92 \times SD^{-1,46}$) kullanılabilirliğini göstermektedir.

Böylece söz konusu ocakta bundan sonra yapılacak patlatma çalışmaları sırasında, bu regresyon ifadesi kullanılarak gecikme başına şarj ve atım noktasına olan uzaklık kullanılarak ocak çevresindeki herhangi bir yerde patlatma faaliyetinden dolayı oluşacak olan ve hasar verme riski açısından büyük öneme sahip PPV değeri hesaplanabilecektir (Adıgüzel, 2006)

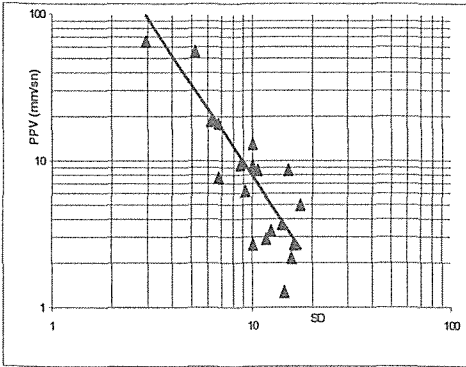


Şekil 5. Hesaplanan ve ölçülen PPV değerlerinin ilişkisi (Adıgüzel, 2006)

Araştırma kapsamında; cihazın kaydettiği yer sarsıntısı ölçüm sonuçlarının, çevredeki tesis ve yapılara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla; parçacık hız bileşenleri, oluşum frekansları da dikkate alınarak, daha önce bahsedilen uluslararası genel kabul görmüş DIN Normuna göre değerlendirilmiş ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Söz konusu grafikten de anlaşılacağı üzere, DIN Normuna göre yapılan değerlendirmelerde birkaç atımın kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılarda (en alttaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği, bir atımın ise normal dayanımlı yapılarda (ortadaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği sonucu çıkarılmıştır. Bu atımın ölçüm istasyonuna uzaklığı 73m olup, PPV değeri 20,8 mm/s ve frekansı da 18,9 Hz olmuştur. Oluşan PPV değerine göre frekansının düşük çıkması ve diğer atımlara göre atım yerinin ölçüm istasyonuna yakın olması bu atımın DIN normuna göre hasar limitinin üstünde çıkmasını sağlamıştır. Fakat ölçüm

istasyonu olarak tesis ofis binası seçilen bu atımın ölçüm istasyonu olarak seçilen ofis binasına ve yakınındaki tesis binalarına herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir. Ayrıca kaydedilen tüm atımlarda, ölçülen frekans değerlerinin % 40'ına yakın kısmı 20-25 Hz değerleri arasında olmuştur. Ölçülen tüm değerlerin % 90'ından fazlası ise 15 Hz değerinden büyük çıkmıştır. Bu da ölçülen değerlerin büyük kısmının hasar limitlerinin altında çıkmasını sağlamıştır. Ancak; söz konusu ocağın çok yakınında yerleşim biriminin olmasından dolayı, bu değerlerin, her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyacağı gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.

Araştırma kapsamında söz konusu ocağa yürütülen çalışmalar sonucu, sahada bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımların daha çok psikolojik olduğu anlaşılan çevresel etkilerini en aza indirmek için, bazı pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar da yukarıda detayları açıklanan söz konusu bölgeyi temsil edecek şekilde elde edilen en yüksek parçacık hızı tahmin denklemi ve SPSS bilgisayar programı kullanılarak elde edilen %95 üst tahmin hattı denklemi kullanılarak, söz konusu sahada hasar etkisi yaratacak belirli bir parçacık hızı limitine göre kullanılabilir maksimum patlayıcı madde miktarının, mesafenin fonksiyonu olarak değişen miktarları Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların DIN kriterine göre yorumu (Adıgüzel, 2006).

Bu tablo incelendiğinde, belirli bir paterne sahip bir atımda, izin verilen maksimum parçacık hızı bilindiğinde (Bu tabloda verilen PPV değeri sembolik alınmış olup herhangi bir kriter değeri taşımamaktadır. Firma faaliyetlerini kontrol amaçlı düzenlemeler yapmaları ve benzer abaklar geliştirmeleri için kullanılmıştır.), bunu aşmamak üzere yapılacak atımlarda, belirli mesafelerde

gecikme başına kullanılacak en fazla patlayıcı madde miktarları hesaplanmış ve verilmiştir.

Örnek teşkil etmesi bakımından atım noktasına 200 m mesafedeki bir yer için Tablo 6'nın yorumunu yapacak olursak, 200 m mesafe için PPV değerinin % 50 ihtimalle 3 mm/sn ve daha az çıkmasını istiyorsak gecikme başına şarj miktarının 29,1 kg, % 95 ihtimalle 3 mm/sn ve daha az çıkmasını istiyorsak ise gecikme başına şarj miktarının 12,3 kg'dan daha az olması gerektiğini bulabiliriz (Adıgüzel, 2006).

Tablo 6. Eşik hasar limitine göre hesaplanan gecikme başına düşen maksimum şarj miktarı (Adıgüzel, 2006).

Mesafe (m)	Eşik hasar limiti (mm/sn)		Maksimum gecikme başına düşen şarj miktarı W_d (kg)			
			%50 ortalama doğrusuna göre		%95 üst tahmin hattı göre	
	DIN 4150	USBM	DIN 4150	USBM	DIN 4150	USBM
50	3	20	1,8	2,5	0,8	10
100	3	20	7,3	98	3,1	41
200	3	20	29,1	394	12,3	166
300	3	20	65,4	887	27,8	374
500	3	20	181,8	2464	77,1	1038
1000	3	20	727,4	9859	308,6	4152

3.3.5 Sonuçlar ve öneriler

İstanbul'da hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere, üretim faaliyetlerini sürdüren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin Muratbey Beldesinin yakınında bulunan taş ocağında, yapılan patlatma çalışmaları sırasında, titreşim ölçer cihazı ile alınan titreşim kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gerekli görülen bazı öneriler aşağıdaki gibi olmuştur (Adıgüzel, 2006).

- Çalışma alanlarında egemen olan kaya biriminin kireçtaşı olduğu ve patlatmalı kazının teknik ve ekonomik nedenlerle kaçınılmaz olduğu yerinde yapılan gözlem ve testlerle anlaşılmıştır.
- Atımlarda enerjinin kayayı parçalamada kullanılmasını sağlamak amacıyla "Basamak Patlatması" ilkeleri uygulanmaktadır.
- Ölçüm istasyonu seçiminde, titreşim ölçer cihazı konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla, bazı atımlarda ocağa yakın noktalar (şantiye binası) bilinçli bir şekilde seçilmiştir. Bazı atımlarda ise, söz konusu ocağın bulunduğu bölgedeki Muratbey Beldesinin ocağa yakın binalarının yanı sıra bilinçli bir şekilde seçilmiştir.
- Elde edilen veriler ışığında, çalışma sahalarında kontrollü patlatma tasarımlarına izin veren ampirik bir yaklaşım geliştirilerek saha sabitleri belirlenmiştir.

- Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri, DIN normunu alternatif hasar kriterine göre mukayese edilmek üzere Şekil 6'daki grafik üzerinde topluca gösterilmiştir. Söz konusu grafikten de anlaşılacağı üzere, kaydedilen değerler DIN Normuna göre yapılan değerlendirmelerde birkaç atımın kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılarda (en alttaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği, bir atımın ise normal dayanımlı yapılarda (ortadaki hasar limiti çizgisi) hasar yaratabileceği sonucu çıkarılmıştır. Bu atımın ölçüm istasyonuna uzaklığı 73 m olup, PPV değeri 20,8 mm/s ve frekansıda 18,9 Hz olmuştur. Oluşan PPV değerine göre frekansının düşük çıkması ve diğer atımlara göre atım yerinin ölçüm istasyonuna yakın olması bu atımın DIN normuna göre hasar limitinin üstünde çıkmasını sağlamıştır. Fakat ölçüm istasyonu olarak tesis ofis binası seçilen bu atımın ölçüm istasyonu olarak seçilen ofis binasına ve yakınındaki tesis binalarına herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir.
- Araştırma kapsamında söz konusu işletmede yürütülen çalışmalar sonucu, ocakta bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımların psikolojik kökenli çevre etkilerini en aza indirmek için, Tablo 4.6 'da verilen pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Daha düşük değerlere göre yeni pratik tablolar türetilerek çalışmalar daha da kontrol altına alınabilmektedir.
- Kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, ölçülen frekans değerlerinin %40'ına yakın kısmı 20-25 Hz Değerleri arasında olmuştur. Ölçülen tüm değerlerin % 90'ından fazlası ise 15 Hz değerinden büyük çıkmıştır. Bu da ölçülen değerlerin büyük kısmının hasar limitlerinin altında çıkmasını sağlamıştır.
- Söz konusu işletmede bugüne kadar yapılan atımlarının çevredeki bina ve tesislere hasar vermemiş olması, konuyla ilgili elemanların tedbiri elden bırakmalarına neden olmamalı, aksine atımlar daha dikkatli tasarlanmalı ve özenle uygulanmalıdır.
- Delik delme işleminde ve şarjında gerekli hassasiyet mutlaka artan şekilde gösterilmelidir.
- Sıkılama uygun malzeme ile mutlaka usulüne uygun olarak yapılmalıdır.

Sonuç olarak; basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı anlaşılan ve kazı faaliyetlerini sürdüren Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin taş ocağında, bu çalışma sırasında izlenen ve ölçülen atımlar sırasında, patlatmadan kaynaklanarak kayaç

içinde oluşan titreşimin, ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan başta Muratbey Beldesindeki şikâyet konusu binalarda olmak üzere yerleşim birimlerine ve ocakların içindeki tesis ve yapılarda hasar yaratma riski açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Ancak bu riskin, başarısız ya da uygun olmayan tasarımlar sonucunda var olabileceği de unutulmamalıdır. Keza başarısız tasarımların uygulandığı durumlarda yakındaki yerleşim birimlerinde veya ocakların içindeki yapı ve personele yönelik istenmeyen kaya fırlaması sonucu mal ve can kayıpları da söz konusu olabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Parçacık hızı büyüklüğünün tahmininde kullanılan, söz konusu ocak için bulunan formülün, çeşitli etkiler nedeniyle düzensiz sonuçlar verebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Elde edilen bu tahmin denklemini desteklemek için daha fazla olay, farklı yönlerde izlenmeli ve regresyon analizleri, daha fazla ölçüm sonuçları göz önünde tutularak güncelleştirilmelidir (Kahriman ve diğ., 2006).

3.4 Uygulama 4

3.4.1 Araştırmanın amacı

Bu araştırma, Balıkesir Çimento Sanayi T.A.Ş.'nin başvurusu üzerine gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; söz konusu ocakta kalker üretimi sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin birkaç atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların, çevrede bulunan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabileceği seviyelerde olup olmayacağı konusunda değerlendirme yapılmasıdır. Aynı zamanda araştırma ekibince yürütülen muhtelif projeler için veri sağlamak da amaçlar arsında yer almıştır (Tuncer ve diğ., 2003).

3.4.2 Çalışma Sahasının Tanımı

Balıkesir Çimento T.A.Ş. tarafından hammadde üretimi amacıyla patlatma çalışmaları gerçekleştirilen Naipli kalker ocağı kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Çalışma alanında gözlenen egemen kaya birimleri, belirli kalınlıklardaki kristalize kireçtaşları, breşik-lateritik kireçtaşları, altere andezit ve altere tüflerden oluşmaktadır. Sahada sedimentasyonla birlikte tektonizma ve hidrotermal etkiler de söz konusudur (Tuncer ve diğ.,2003).

3.4.3 Araştırmada uygulanan yöntem

Bu çalışma kapsamında, Balıkesir Çimento T.A.Ş. tarafından hammadde üretimi amacıyla patlatma çalışmaları gerçekleştirilirken Naipli kalker ocağında, çevredeki yerleşim birimlerinde olası hasar

düzeyini belirlemek amacıyla, aynı zamanda titreşim ve hava şoku ölçümleri de yapılmıştır.

Söz konusu yerleşim biriminde yapılan incelemelerde, binaların genellikle tek katlı yığılma taş ya da tuğla duvarlı yapılar olduğu anlaşılmıştır. Ocağın en yakın yerleşim birimi olan Hafız'ın Çiftliğine ortalama uzaklığı 450 m civarındadır.

Çalışma kapsamında, öncelikle uygulana gelmekte olan patlatma düzeni ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır. İncelemeler sonucunda uygulanan patlatma modelinin, esas olarak iki ayrı kademede yapılan basamak patlatması olduğu anlaşılmıştır (Tuncer ve diğ., 2003).

Bu kapsamda, çalışılan ocağındaki patlatmalı kazıda durum tespiti amacıyla, öncelikle genel olarak sahada gerekli gözlem ve incelemeler yapılmış, uygulanan patlatmalı kazı modeli incelenmiştir. Üretici Firmanın genelde uyguladığı atımlardan biri, spontane olarak ve yakın yerleşim birimleri titreşim ölçüm istasyonları olarak seçilmek suretiyle izlenmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen 3 ayrı deneme atımlarıyla ilgili de gerekli ölçümler yapılmıştır. Bu atımlarda Patlatmadan kaynaklanan titreşimler ve hava şoku; iki farklı yönde, farklı noktalardan 5 ayrı (1 adet InstanTEL Blastmate, 1 adet InstanTEL Minimate Plus ve 3 adet de White Mini-Seis model) titreşim ölçer cihazı ve ekipmanı ile ölçülmüştür.

Kalker açık ocağında atımlarda uygulanan patlatma paterni, delik düzeni ve patlayıcı şarjı; şantiye yetkililerince sistematik olarak uygulana gelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara spontane olarak uygulanmıştır. Titreşim ölçümlerine esas olacak söz konusu atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Firma yetkililerinin atımlarla ilgili uygulama patern ve protokolleri gerekli verilerin türetilmesinde kullanılmıştır.

Deneme atımlarındaki delik ve şarj miktarları ise araştırma ekibince sistematik bir yaklaşımla önerilmiş ve ilgililerce uygulanmıştır.

Deneme atımları gerçekleştirilirken; ölçekli mesafenin belirlenmesi amacıyla gerekli veriler hassas bir şekilde alınmıştır. Bu amaçla patlatma protokolleri ve gecikme paternleri her bir atım için oluşturulmuştur.

Patlayıcı madde olarak, ocağındaki geleneksel olarak kullanıldığı anlaşılan ANFO, yemlemede Emulite 100 kullanılmıştır. Ateşleme ise gecikmeli elektrikli kapsüllerle yapılmıştır. Gecikme başına şarjın belirlenmesinde; yemlemede kullanılan dinamitin ağırlıkça kudreti göz önüne alınarak ANFO'ya dahil edilmiştir.

Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı

maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım kaynağı ile yersarsıntısı ve hava şoku kayıt istasyonu arasındaki mesafe ise GPS kullanılarak belirlenmiştir.

Sahada gerçekleştirilen toplam 5 atım olay için ölçekli mesafe unsurları kaydedilirken, yersarsıntısı ve hava şoku ölçümleri de özellikleri daha önceki bölümlerde açıklanan 4 ayrı (1 adet InstanTEL Blastmate, 1 adet InstanTEL Minimate Plus ve 3 adet de White Mini-Seis model) titreşim ölçer cihazı ve ekipmanı ile ölçülmüştür.

Titreşim ölçümleri, yakın yerleşim birimleri olan çiftlikler yönlerinde yapılmıştır. Bu iki yönde cihazlar konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla ocağına çok yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir.

Daha sonra elde edilen ölçüm sonuçları, bilgisayar destekli data değerlendirme ünitesine aktararak yorumlanmıştır. Ayrıca, ilerideki çalışmalara baz oluşturmak amacıyla maksimum parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde şarjları ve kaynak - ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe parametresiyle parçacık hızı arasındaki ilişki, araştırılmış, çalışma kapsamında elde edilen sınırlı sayıdaki veri çiftleri kullanılarak saha faktörlerini yansıtan, titreşim hızının kestirimi için ön değerlendirmelerde kullanılabilir ampirik bir formül elde edilmiştir. Devam eden çalışmalardan elde edilecek yeni verilerle güncelleştirilmek suretiyle formülün tahmin hassasiyeti daha da artırılabilir.

Bu araştırma kapsamında; öncelikle, çalışma alanında egemen olan kaya biriminin (kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla uygulana gelmekte olan patlatmalı kazı faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, kaya sınıflama çekici (Schmidt Çekici) testleri yapılmıştır.

Bu bölge jeolojisini oluşturan kristalize kireçtaşının sertlik değerlerinin bulunabilmesi amacıyla, arazide yerinde yapılan Schmidt çekici deneyleri sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri "sert" olarak belirlenmiştir.

Bu gözlem ve değerlendirmeler ışığında üretim hedeflerini gerçekleştirebilmek için patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Patlatmalı kazı zorunluluğu olduğu, bu nedenle de esasen bu şekildeki faaliyetlerin sürdürüle geldiği, çalışma alanında firma ekipman ve imkanlarıyla birlikte arazi topografyasının izin verdiği ölçüde kontrollü basamak patlatması ilkelerinin uygulanması esas alınmıştır. Ancak alt yapı çalışması niteliği taşıyan bu sahada topografyası müsait olmayan parsellerde de mini basamak uygulanması

veya zorunlu olarak gevşetme atımları yapmıştır. Araştırma süresince; amaçlar doğrultusunda, daha önce açıklanan yöntemle uygun olarak toplam 5 adet atım kaydedilmiştir. Her bir atımla ilgili patlatma paterni, patlayıcı madde şarj parametreleri ve titreşim ölçüm sonuçları titizlikle kaydedilmiştir. Elde edilen veriler; bu amaçla geliştirilen form ve çizelgelere aktarılmıştır.

Sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen toplam 4 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 7'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bu tablodan da görüldüğü üzere, her bir atımla ilgili, delik çapı, boyu, eğimi, düzeni ve adedi, basamak yüksekliği, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe vs. tüm bilgiler yer almıştır. Ayrıca atımın gerçekleştirildiği ocak kademeleri de belirtilmiştir. Atımlarda, firma tarafından kullanılacak gelmekte olan patlayıcı maddelerin kullanılmasına devam edilmiştir. Bu çerçevede, esas patlayıcı olarak ANFO, yemleyici olarak EMULİTE-100 ve ateşleyici olarak da elektrikli kapsüller (gecikmeli) kullanılmıştır. Yüksek basamaklarda delik dibi ve kolonda olmak üzere iki ayrı noktadan ateşleme yapılmıştır (Tuncer ve diğ., 2003).

3.4.4 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Kayaç içi titreşimlerin oluşturduğu parçacık hızı, deplasman, ivme ve frekans değerleri, kayıt cihazları ile tespit edilmiştir. Atımlardaki kayıt alımlarında, parçacık hızının enine, boyuna ve dikey bileşenlerini ölçen ve bunların bileşkesi olan hız değerlerini veren 3 jeofon ve hava şokunu ölçen mikrofon belirtilen yönlerde muhtelif uzaklıkları olarak keyfi şekilde (yerleşim birimlerine doğru) seçilen ölçüm istasyonuna yerleştirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucu, kaydedilen değerlerin (bilinçli seçilen yakın istasyon noktaları hariç) yıpranmış binalar için verilen hasar başlangıç sınırının bile çok çok altında olduğu belirlenmiştir. Bu veriler ışığında, bu çalışma esnasında yapılan atımların, gerek çok uzaktaki yerleşim birimleri gerekse atıma yakın seçilen diğer istasyonlarda herhangi bir hasar riski taşımadığı saptanmıştır.

Kazı sahasında yapılan atımlar sırasında cihazları mikrofonu zemine yerleştirilerek hava şoku değerleri 104 – 140 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerler, atımların, seçilen ölçüm istasyonlarına göre çok daha uzakta bulunan çevredeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları, sestən rahatsız olma gibi durumların da meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır.

Bu çalışma kapsamında; 20 adet olay kaydedilmiş ve ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

Tablo 7. Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi (Tuncer ve diğ., 2003).

Atım No	1*	2**	3**	4**
Atım Tarihi	25/09/2001	25/09/2001	25/09/2001	25/09/2001
Atım Saati	3:15	3:45	4:00	4:15
Ayna Yüksekliği (m)	1-8	6	6	5
Delik Sayısı	46	1	3	2
Delik Çapı, d (mm)	89	89	89	89
Delik Eğimi, α (°)	85	85	85	85
Delik Boyu, H (m)	2-9	7	7	6
Dilim Kalınlığı, B (m)	2,5	2,5	2,5	2,5
Delikler Arası Mesafe, S (m)	3	-	3	2,5
Sıklama, h0 (m)	2	2	2	2
Yemleme Miktarı, (kg)	52	1	3	2
Toplam Şarj, Q (kg)	1400	36	108	58
Gecikme Başına	490	36	108	58
Toplam Şarj, W (kg)				
Toplam Kapsül Adedi	52	1	3	2

Atımlarda, Yemleyici : Emulite 100, Esas Patlayıcı: ANFO.
Ateşlemede : Elektrikli gecikmeli kapsül kullanılmıştır.
* 1'nolu atım firmanın eş zamanlı olarak düzenlediğidir.
** 2, 3 ve 4 nolu atımlar araştırmacı tarafından test amaçlı olarak önerilmiştir.

$$PPV = 897 (SD)^{-2.05}$$

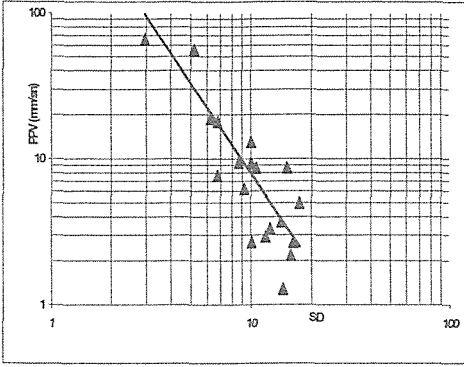
$$(r = 0.75)$$

Buna göre, çalışılan saha sabitleri sırasıyla $K = 897$ ve $\beta = -2.05$ olarak bulunmuştur. Oldukça anlamlı sayılabilecek bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, işletmede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede çok önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir. Kısıtlı sayıdaki verilerle elde edilen bu yaklaşımın yeni veriler ile ocağın derinleşmesi de dikkate alınarak zaman esası olarak güncelleştirilmesi gözden uzak tutulmamalıdır. Literatüre uygun olarak makul sayılabilecek korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 7'de gösterilmiştir.

3.4.5 Sonuç ve öneriler

Bahkesir Çimento T.A.Ş. tarafından gerçekleştirilmekte olan Naipli kalker ocağı patlatma kazısı sırasında titreşim ölçer cihazları ile izlenen 4 ayrı atım olayına ait titreşim ve hava şoku kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi olmuştur.

- Çalışma alanında egemen olan kaya biriminin kristalize kireçtaşı olduğu ve patlatmalı kazının teknik ve ekonomik nedenlerle kaçınılmaz olduğu yerinde yapılan gözlem ve testlerle anlaşılmıştır.



Şekil 7. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi (Tuncer ve diğ., 2003).

- İzlenen her bir atımla ilgili patlatma geometrisi bilgileri Tablo 7'deki gibi olmuştur.
- Elde edilen bu titreşim parametrelerinin (parçacık hızı, frekans vs); USBM ve Alman DIN 4150 normlarına göre yapılan mukayesede, çevredeki yerleşim alanlarındaki bina ve tesislerde herhangi bir hasar yaratabilecek seviyelerde olmadığı anlaşılmıştır.
- Hava şoku kayıtları ise 104–140 desibel değerleri arasında oluşmuştur. Bu değerler standartlardaki gürültüden rahatsız olma seviyesi olan 140 desibel değerinden düşüktür. Dolayısıyla kayda değer bir rahatsızlık yaratmayacağı anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı anlaşılan bu kalker ocağı kazısı sırasında, izlenen ve ölçülen paternlerdeki bu atımlar sırasında, patlatmadan kaynaklanarak kayaç içinde oluşan titreşim ve hava şokunun, ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan yerleşim birimlerindeki yapı ve tesislerde hasar yaratma riski açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır. Sistematik bir şekilde yürütüldüğü anlaşılan bu tür patlatma paternlerinin kontrol amaçlı ölçümlerle desteklenerek devam ettirilmesinde herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

Patlatma mühendisliği ilkelerine uymayan düzenlemeler sonucu enerjinin kaya kırma yerine, geri çatlak, tırnak iri blok gibi olumsuz etkilerle birlikte titreşim, hava şoku ve kaya fırlaması kaçınılmaz olacaktır. Tırnak atımları için gerçekleştirilecek atımların kontrol edilmesinin güçlüğü de dikkate alındığında, ilgili teknik personelin uygulayacağı eğitimi çalışmasının önemi açıktır.

Öte yandan gerek bilimsel katkılar oluşturmak, gerekse sahadaki titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda titreşim hızı tahmini ve buna dayalı kontrollü atım planlaması yada hasar riski tahmini için; mevcut parçacık hızı ve ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılmak suretiyle ayrıntılı istatistiksel analizler de yapılmıştır. Bu şekildeki regresyon analizleri sonucunda elde edilen ampirik eşitlik ve saha sabitleri bu sahadaki çalışmaları yönlendirmek bakımından güvenilirlik arz edecektir. Ancak kısıtlı verilerle elde edilen bu formülün ocak faaliyetleri sırasında elde edilecek yeni verilerle desteklenmesi ve güncelleştirilmesi yararlı olacaktır (Tuncer ve diğ., 2003).

3.5 Uygulama 5

3.5.1 Araştırmanın amacı

Bu araştırma, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC), Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Maden, Metalürji ve Jeoloji Mühendisleri Odası'nın, KKTC'de bulunan muhtelif taş ocaklarındaki patlatmalı kaya kazılarının çevresel etkilerinin incelenmesi için, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü'ne başvurusu üzerine gerçekleştirilmiştir (Kahriman ve Karadoğan, 2004).

Bu çalışmanın amacı; söz konusu ocaklarda kireçtaşı üretimi sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin birkaç atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların, ocakların çevresinde bulunan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda değerlendirme yapılmasıdır.

3.5.2 Araştırmada Uygulanan Yöntem

Bu çalışma kapsamında, KKTC'de hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere, üretim faaliyetlerini sürdüren Beşparmak İşletmeleri Ltd., Gürdağ Çakıl İşletmeleri Ltd., Levent Mozaik İşletmeleri Ltd. ve Arpalıklı Ltd.'nin Beşparmak Dağları bölgesinde bulunan taş ocaklarında yapılan patlatma çalışmalarının, çevredeki yerleşim birimlerinde olası hasar düzeyini belirlemek amacıyla, titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır. Şekil 8'de söz konusu çalışma sahalarının konumu gösterilmiştir.

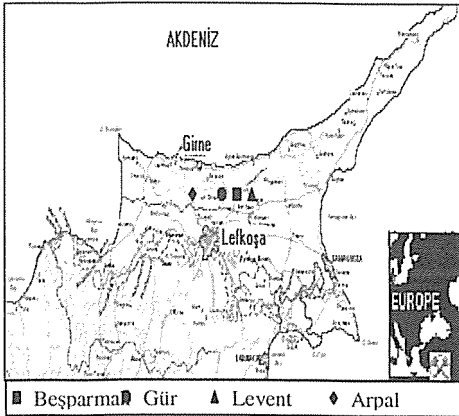
Bu araştırma kapsamında; öncelikle, çalışılan ocaklarda egemen olan kaya birimlerinin (kireçtaşı) sertlik değerlerini bulabilmek ve kazı zorluğu derecelerini belirlemek amacıyla uygulana gelmekte olan patlatmalı kazı faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, Kaya Sınıflama Çekici (Schmidt Çekici) deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanik Derneği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri "sert" ve "Oldukça Sert" olarak belirlenmiştir (Kahriman ve Karadoğan, 2004)..

Bu gözlem ve değerlendirmeler ışığında, söz konusu işletmelerin üretim hedeflerini gerçekleştirebilmeleri için patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Araştırma süresince; amaçlar doğrultusunda, 6 adet atıma ait toplam 18 olay, cihazlar tarafından kaydedilmiştir. Her bir atımla ilgili patlatma paterni, patlayıcı madde şarj parametreleri ve titreşim ölçüm sonuçları titizlikle kaydedilmiştir. Elde edilen veriler; bu amaçla geliştirilen form ve çizelgelere aktarılmıştır.

Sahalarda basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen toplam 6 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 8'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bu tabloların da görüldüğü üzere, her bir atımla ilgili, delik çapı, boyu, eğimi, düzeni ve adedi, basamak yüksekliği, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, kullanılan patlayıcı maddeler ve miktarları, gecikme başına düşen en fazla şarj miktarları vs. tüm bilgiler yer almıştır. Ayrıca atımın gerçekleştirildiği işletmelerin ocakları ve yerleri de belirtilmiştir. Düzenlenen atımların, ocakların muhtelif bölgelerini ve kaya birimlerini temsil edecek şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS kullanılarak belirlenmiştir. Ölçekli mesafenin belirlenmesinde literatürde en sık kullanılan kareköklü eşitlikten yararlanılmıştır ($SD = R / W.0.5$).



Şekil 8. Çalışma Sahalarının Konumu (Kahriman ve Karadoğan, 2004).

Araştırma kapsamında; değişik zamanlarda gerçekleştirilen, Beşparmak İşletmeleri Ltd.'de 2, Gürdağ Çakıl İşletmeleri Ltd.'de 2, Levent Mozaik İşletmeleri Ltd.'de 1. ve Arpalıklı Ltd.'de 1 olmak üzere toplam 6 atım için ölçekli mesafe unsurları

kaydedilirken, yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri de 3 ayrı White Mini-Seis Model titreşim ölçer cihazı ve ekipmanıyla ölçülmüştür.

Söz konusu ocaklardaki titreşim ölçümleri, özellikle, risk taşıyan, ocaklara yakın yerleşim birimleri, su kuyuları, askeri bölgeler veya ocakların içerisindeki tesislerin yönleri esas alınmak üzere farklı noktalardan yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla, ocağa çok yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir.

Daha sonra elde edilen ölçüm sonuçları bilgisayar destekli data değerlendirme ünitesine aktararak yorumlanmıştır. Ayrıca, ilerideki çalışmalarla baz oluşturmak amacıyla maksimum parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde şarjları ile atımlar ve ölçüm istasyonları arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak, türetilen ölçekli mesafe parametresi ile parçacık hızı arasındaki ilişkiler araştırılmış ve çalışma kapsamında her bir ocaktan elde edilen sınırlı sayıdaki veri çiftleri kullanılarak, söz konusu ocaklarda titreşim hızının tahminini trend olarak verebilecek ve ön değerlendirmelerde kullanılacak ampirik formüller elde edilmiştir. Bununla birlikte; araştırma kapsamında, çalışılan ocakların her biri için istatistiksel açıdan yeterli sayıda veri elde edilememesi ve söz konusu ocakların aynı bölgede ve genelde aynı özellikteki kaya biriminde (kireçtaşı) kazı çalışmaları yapmalarından dolayı, bu çalışmada dört farklı ocakta izlenen toplam 6 adet atıma ait kaydedilen 180layın veri çiftlerinin hepsi birlikte değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmede, söz konusu ocakların bulunduğu bölgede patlatmalı kazı çalışmalarında, titreşim hızının tahmini için ön değerlendirmede kullanılacak anlamlı sayılabilecek ampirik bir ilişki elde edilmiş ve önerilmiştir. Elde edilen bu ilişkinin, bu bölgede ileride yapılacak çalışmalardan elde edilecek yeni verilerle güncelleştirilmek suretiyle tahmin hassasiyeti, daha da artırılabilir (Kahriman ve Karadoğan, 2004).

3.5.3 Ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi

Konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, yukarıda detaylı olarak açıklanan toplam 6 atım sonucunda, kayaç içi titreşimlerin oluşturduğu parçacık hızı, deplasman, ivme ve frekans değerleri, kayıt cihazları ile tespit edilmiştir. Atımlardaki kayıt alımlarında, parçacık hızının enine, boyuna ve dikey bileşenlerini ölçen ve bunların bileşkesi olan hız değerlerini veren 3 jeofon ve hava şokunu ölçen mikrofon belirtilen yönlerde muhtelif uzaklıkları olarak keyfi şekilde (yerleşim birimleri, su kuyuları, askeri bölgeleri ve ocak içi tesislere doğru) seçilen ölçüm istasyonuna yerleştirilmiştir (Kahriman ve Karadoğan, 2004).

Tablo 8. Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi (Kahrıman ve Karadoğan, 2004).

Atım No	1	2	3	4	5	6
Atımın Yapıldığı Firma	Beşparmak İş. Ltd.		Gürdağ Çakıl İş. Ltd.		Levent Mozaik İş. Ltd.	Arpalıklı Ltd.
Atım Tarihi	12.09.2004	16.09.2004	13.09.2004	17.09.2004	14.09.2004	20.09.2004
Atım Saati	18:27	17:25	18:57	19:08	12:25	09:35
Atım Yeri	Üst Bas.	Üst Bas.	Doğu Ocak Üst Bas.	Doğu Ocak Üst Bas.	Batı Ocak	Üst Bas.
Delik Sayısı	6	14	2	32	13+20 (taban)	12
Delik Çapı (mm)	89	89	76	76	102	89
Bas. Yüks. K (m)	15	18	6	10	13-18	16
Delik Boyu (m)	15	17.5	6	10.5	13-18	16
Dilim Kalınlığı (m)	3-3.5	3	2.5	2	4-5	3
Delikler Arası Mesafe, m	2	4	1.5	1.5	3	1.5
Sıklama (m)	2.5	2.5-3	2	3-3.5	3	4-5
Kullanılan Yemleyici	Jelatin Dina mit	Jelatin Dina mit	Emulite 100	Emulite 100	Jelatin Dina mit	Emulite 100
Yemleme Miktarı (kg)	7.2	17	1.2	19.2	60	7.2
Toplam Şarj (kg)	609	1422	31.2	819	1576	1007.2
Gecikme Başına Top. Şarj (kg)	609	1422	15.6	100	1576	336
Kullanılan Kapsül Tipi	Gecik mesiz Elek trikli	Gecik mesiz Elek trikli	Gecik meli Elek trikli	Gecik meli Elek trikli	Gecik mesiz Elek trikli	Gecik meli Elek trikli
Toplam Kapsül Adedi	12	24	2	32	45	12

Kayıt cihazlarının çıktılarında çeşitli normlar arasında, USBM ve Alman DIN 4150 normları da mevcuttur. Cihaz ve data değerlendirme üniteleri, istendiğinde, atım sırasında ölçülen parçacık hızı ve frekans değerlerini adı geçen normlara işlemektedir. Titreşim ve hava şoku ölçümü yapılan sınırlı sayıda atımlarda, cihazların kaydettiği değerlerin; çevredeki tesis ve yapıların etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla, USBM Normuna göre değerlendirilmiştir.

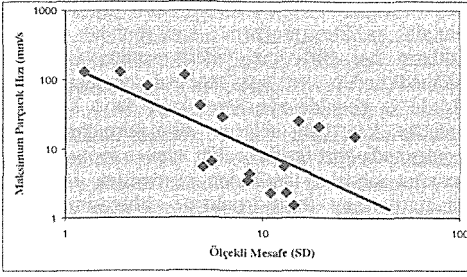
Bu çalışma kapsamında; ocaklarda sınırlı sayıda izlenen toplam 6 adet atıma ait toplam 18 adet olay kaydedilmiştir. Bu çalışmada parçacık hızı tahmini için gecikme başına düşen en fazla patlayıcı miktarı ve kaynak ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı arasındaki ilişki, sınırlı sayıda veri

elde edilmesine rağmen toplu olarak incelenmiştir. Bununla birlikte; araştırma kapsamında, çalışılan ocakların her biri için yeterli sayıda veri elde edilemediğinden ve söz konusu ocakların aynı bölgede ve genelde aynı özellikteki kaya biriminde (kireçtaşı) kazı çalışmalarını yapmalarından dolayı, bu çalışmada dört farklı ocakta izlenen toplam 6 adet atıma ait cihazlar tarafından kaydedilen 18 olayın veri çiftlerinin hepsi çalışma bölgesini temsil edebilecek şekilde birlikte değerlendirilmiştir. Ölçülen sınırlı sayıda verilerden hareketle; ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

$$PPV = 166 \times SD^{-1.27}; \quad (r = 0.72)$$

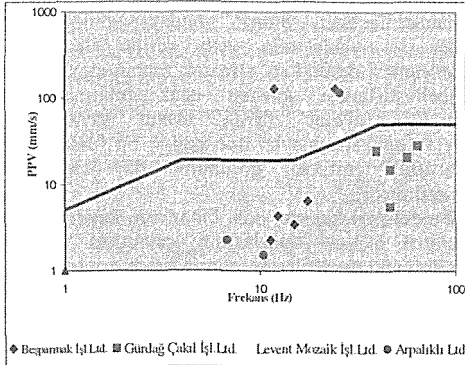
Buna göre, çalışılan saha sabitleri sırasıyla $K = 166$ ve $\beta = -1.27$ olarak bulunmuştur. Anlamlı sayılabilecek bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, söz konusu ocaklarda titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir. Sınırlı sayıda verilerle elde edilen bu yaklaşımın yeni veriler ile ocağın derinleşmesi de dikkate alınarak zaman esaslı olarak güncelleştirilmesi gözden uzak tutulmamalıdır. Literatüre uygun olarak makul sayılabilecek korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 9'da gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında; cihazların kaydettiği yer sarsıntısı ölçüm sonuçlarının, çevredeki tesis ve yapılara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla; parçacık hız bileşenleri (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum), oluşum frekansları da dikkate alınarak, daha önce bahsedilen uluslararası genel kabul görmüş USBM Normuna göre değerlendirilmiştir. Bu titreşim değerlerinin (parçacık hızı ve frekans) her iki norma ait grafikler üzerindeki yerinin incelenmesinden, eşik hasar limitlerinin (atımlara çok yakın seçilen noktalar hariç) altında kaldığı cihaz çıktılarından anlaşılmaktadır. Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri, USBM normunun alternatif hasar kriterine göre mukayese edilmek üzere Şekil 10'daki grafik üzerinde topluca gösterilmiştir. Söz konusu grafikten de anlaşılacağı üzere, kaydedilen değerlerin USBM normuna ait hasar limitlerinin (Beşparmak, Levent ve Arpalıklı işletmelerindeki atımlara çok yakın seçilen noktalar hariç) altında olmuştur.



Şekil 9. Maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki (tüm atım verileri ile) (Kahrıman 2004).

Cihaz kayıtlarından ve Şekil 10'dan da anlaşılacağı üzere, gecikme başına düşen şarjın mevcut olanaklarla kısıtlanmaya çalışıldığı bu atımlarında; kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, Gürdağ Çakıl İşletmeleri'ne ait ocakta oluşan frekans değerlerinin yüksek olduğu ve hasar riski taşımadığı görülmektedir. Beşparmak, Levent ve Arpalıklı işletmelerindeki frekans değerleri kısmen düşük olmuştur. Söz konusu işletmelere ait ocakların çok yakınında yerleşim birimlerinin olmamasından dolayı, bu değerler de hasar riski taşımamaktadır.



Şekil 10. Atımlarda kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların USBM kriterine göre yorumu (Kahrıman ve Karadoğan, 2004).

Ancak; bu değerlerin, her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyacağı gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.

Bu veriler ışığında, bu çalışmada esnasında yapılan atımların, gerek çok uzaktaki yerleşim birimleri gerekse atıma yakın seçilen diğer istasyonlarda herhangi bir hasar riski taşımadığı anlaşılmaktadır.

Araştırma kapsamında söz konusu sahalarda yürütülen çalışmalar sonucu, sahalarda bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının

temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımların çevresel etkilerini en aza indirmek için, bazı pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar da yukarıda detayları açıklanan söz konusu bölgeyi temsil edecek şekilde elde edilen en yüksek parçacık hızı tahmin denklemi kullanılarak, söz konusu sahalarda hasar etkisi yaratacak belirli bir parçacık hızı limitine göre kullanılabilen maksimum patlayıcı madde miktarının, mesafenin fonksiyonu olarak değişen miktarlarının tespiti için Tablo 9 hazırlanmış ve ilgililerin istifadesine sunulmuştur. Tablo 9 incelendiğinde, belirli bir paterne sahip bir atımda, izin verilen maksimum parçacık hızı bilindiğinde, bunu aşmamak üzere yapılacak atımlarda, belirli mesafelere gecikme başına kullanılacak en fazla patlayıcı madde miktarları verilmektedir.

Yukarıda verilen değerlendirmelere ilaveten, söz konusu kazı sahalarında yapılan atımlar sırasında cihazların mikrofonu zemine yerleştirilerek hava şoku ölçümleri de yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan toplam 6 adet atıma ait cihazlar tarafından kaydedilen toplam 18 adet olayın hava şoku değerleri 104-140 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerler, atımların, seçilen ölçüm istasyonlarına göre çok daha uzakta bulunan çevredeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları, sestem rahatsız olma gibi durumların da meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır (Kahrıman ve Karadoğan, 2004).

Tablo 9. Çalışılan Sahalarda Yapılacak Patlatmalar İçin Mesafeye Göre Patlayıcı Madde Tahmini (Kahrıman ve Karadoğan, 2004).

Atım Noktasına Olan Mesafe(m)	20 mm/s' lik PPV Sınır Değerine Göre Şarj Miktarları
10	4
50	89
100	356
200	1423
300	3200
500	8883
1000	35507

3.5.4 Sonuçlar ve öneriler

KKTC'de hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere, üretim faaliyetlerini sürdüren Beşparmak İşletmeleri Ltd., Gürdağ Çakıl İşletmeleri Ltd., Levent Mozaik İşletmeleri Ltd. ve Arpalıklı Ltd.'nin taş ocaklarında,yapılan atımlar sırasında titreşim ölçer cihazları ile alınan titreşim ve hava şoku kayıtlarından elde edilen veriler ışığında, ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak gelecekteki faaliyetler sırasında dikkate alınması gerekli görülen bazı öneriler aşağıdaki gibi olmuştur.

- Elde edilen veriler ışığında, çalışma sahalarında kontrollü patlatma tasarımlarına izin veren

ampirik yaklaşımlar geliştirilerek, her bir çalışma sahası için saha sabitleri belirlenmiştir.

- Elde edilen titreşim parametrelerinin; USBM normuna göre yapılan mukayesesinde, söz konusu atımların çevresinde herhangi bir hasar yaratabilecek seviyelerde olmadığı anlaşılmıştır.
- Araştırma kapsamında söz konusu işletmelerde yürütülen çalışmalar sonucu, ocaklarda bundan sonra yapılacak atımların kontrollü yapılmasının temini amacıyla, patlatma sorumlularının işini kolaylaştırmak ve atımın çevre etkilerini en aza indirmek için, Tablo 9'da verilen pratik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar da yukarıda detayları açıklanan elde edilen en yüksek parçacık hızı tahmin denklemleri kullanılarak, söz konusu sahalarda hasar etkisi yaratacak belirli bir parçacık hızı limitine göre kullanılabilir maksimum patlayıcı madde miktarının, mesafenin fonksiyonu olarak değişen miktarları için hazırlanmış ve ilgililerin istifadesine sunulmuştur.
- Hava şoku kayıtları ise 104 - 140 desibel değerleri arasında oluşmuştur. Bu değerler standartlardaki gürültüden rahatsız olma seviyesi olan 140 desibel değerinden düşüktür. Dolayısıyla kayda değer bir rahatsızlık yaratmayacağı anlaşılmıştır.
- Kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, Gürdağ Çakıl İşletmeleri'ne ait ocakta oluşan frekans değerlerinin yüksek olduğu ve hasar riski taşımadığı görülmektedir. Beşparmak, Levent ve Arpalıklı işletmelerindeki frekans değerleri kısmen düşük olmuştur. Söz konusu işletmelere ait ocakların çok yakınında yerleşim birimlerinin olmamasından dolayı, bu değerler de hasar riski taşımamaktadır. Ancak; bu değerlerin, her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyacağı gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.
- Söz konusu işletmelerde bugüne kadar yapılan atımlarının çevredeki bina ve tesislere hasar vermemiş olması, konuyla ilgili elemanların tedbiri elden bırakmalarına neden olmamalı, aksine atımlar daha dikkatli tasarlanmalı ve özenle uygulanmalıdır.
- Ayrıca atımların güvenlik ve verimliliklerinin daha da artırılabilmesi için, kullanılmakta olan ateşleme elemanlarının değiştirilip daha fazla gecikme aralıklarına olanak sağlayabilecek ve atım kontrolüne izin verebilen elektriksiz ateşleme sistemine geçilmelidir.
- Mevcut uygulamalara devam edilecek olursa; elektrikli gecikmeli kapsüllerin tüm 16 numarası da tüm işletmeler tarafından mutlaka temin edilmelidir. Keza 500 ms kapsüllerin tüm numaraları da kullanılabilir. Delik delme işleminde ve şarjında gerekli hassasiyet mutlaka

artan şekilde gösterilmelidir. Sıkılama uygun malzeme ile mutlaka usulüne uygun olarak yapılmalıdır.

- Araştırma kapsamında, söz konusu sahalarda gerçekleştirilen atımlarının verileri ve titreşim ölçüm sonuçları dikkate alınarak, gelecekte uygulanacak atımların paternlerinin sürekli bir şekilde gözden geçirilmesi ve olanak varsa rehabilitasyonun sağlanması, bu atımların çevresel etkilerinin en aza indirilmesi açısından yararlı olacaktır.

Sonuç olarak; basamak patlatması ilkelerinin uygulandığı anlaşılın KKTC'de kazı faaliyetlerini sürdüren Beşparmak İşletmeleri Ltd., Gürdağ Çakıl İşletmeleri Ltd., Levent Mozaik İşletmeleri Ltd. ve Arpalıklı Ltd.'nin taş ocaklarında, izlenen ve ölçülen paternlerdeki bu atımlar sırasında, patlatmadan kaynaklanarak kayaç içinde oluşan titreşim ve hava şokunun, ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan yerleşim birimlerine, su kuyularına, askeri bölgelere ve ocakların içindeki tesis ve yapılarla hasar yaratma riski açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır. Ancak bazı ocaklarda bu riskin başarısız ya da uygun olmayan tasarımlar sonucunda var olabileceği de unutulmamalıdır. Keza başarısız tasarımların uygulandığı durumlarda yakındaki yerleşim birimlerinde veya ocakların içindeki yapı ve personele yönelik istenmeyen kaya fırlaması sonucu mal ve can kayıpları da söz konusu olabileceği göz önünde tutulmalıdır. Sınırlı sayıdaki verilerle sadece parçacık hızı büyüklüğünün tahmininde kullanılan tüm bölgeyi temsil edebilecek olan ve önerilen formülün, çeşitli etkiler nedeniyle düzensiz sonuçlar verebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Elde edilen bu tahmin denklemini desteklemek için daha fazla olay, farklı yönlerde izlenmeli ve regresyon analizleri, daha fazla ölçüm sonuçları göz önünde tutularak güçleştirilmelidir. Bu nedenle, tüm ocaklardaki faaliyetlerin ayrı ayrı periyodik ölçümlerle kontrolü de önem arz etmektedir.

3.6 Uygulama 6

3.6.1 Amaç ve kapsam

Bu araştırma, EKİP Ltd. Şti. tarafından İstanbul Üniversitesi Mühendislik ve Edebiyat Fakültesi Döner Sermaye İşletmelerine Müracaatı neticesinde, Çatalca İlçesi sınırları içerisinde 1/25000 ölçekli İstanbul F20-c2 paftasında yer alan AR. 91867 nolu Ruhsat sahasında yapılacak Taşocağı Faaliyetinin, sahada varlığı daha önceden bilinen arkeolojik taş ocağı, mağara ve mezarlığa etki edip etmeyeceği konusunda araziye yapılan incelemelerle durum 04 Mayıs ve 22 Mayıs 2006 tarihlerinde yerinde tespit edilmiş, edinilen izlenimler ve taş ocağı faaliyetinin arkeolojik taş ocağı, mağara ve mezarlığa etki etmeyecek şekilde koruma bandına esas olacak sınırların belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır (Kahrıman ve Karul, 2006).

3.6.2 Çalışma sahasının konumu ve önceki yıllarda yapılan arkeolojik çalışmalar.

Çalışma sahası, İstanbul İlinin 70 km batısında, Çatalca ilçesine bağlı İnceğiz köyünün güneybatısında bulunan Maltepe antik yerleşmesinin mezarlık alanında, Karatepe olarak bilinen mevkide gerçekleştirilmiştir (Kahrıman ve Karul, 2006).

Çalışma sahasına gidilmeden önce konu ile ilgili kaynakça taraması yapılmış ve bu konuda Arkeolog Feridun Dirimtekin ile Alpay Pasinli ve ekibinin bu alanda 1992 ve 1995 yılları arasında gerçekleştirdikleri çalışma (Dirimtekin, F.), raporları incelenmiştir. Bu raporlarda da belirtildiği gibi, Maltepe antik yerleşimine ait mezarlık, mağara ve tarihi taş ocağı söz konusu çalışma alanının içerisinde, T.C. Kültür Bakanlığı İstanbul II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 21.08.1999 tarih, 4540 sayılı kararı ile 1. Derece Doğal, 2. Derece Arkeolojik Sit olarak belirlenmiş alan içerisinde bulunmaktadır.

Çalışma alanı doğal bir kayalık üzerinde, kuzeydoğu, doğu ve batı kenarında derince vadiler uzanan doğal bir yükselti görünümündedir. Alan zirvede, yayvan bir düzlüğün ardından kuzeye doğru eğimli sırtlarla alçalır. Yükseltinin batısını Çatalca-İnceğiz köyü karayolu sınırlar.

Karatepe olarak adlandırılan yükseltisinin zirve kesiminin 30-40 metre kadar güneyinde bir diğerlerinden daha büyük olmak üzere üç yerde taş ocağı bulunmaktadır, nitekim bu tespit yukarıda sıralanan diğer çalışma sonuçları ile de örtüşmektedir. Zirveden güney-güneybatıya doğru doğal kayalık, güneye bakan yüzü oldukça dik, falez görünümde uzanır. Bu kaya yüzeyinin hemen orta kesiminde birbirine bağlı iki kaya sığınağı/mağara bulunmaktadır Zeminden 3-4 metre kadar yüksekte bulunan mağaraların içerisinde kaya yüzeyinin traşlanarak düzeltildiği görülmektedir. Batıda, daha küçük olan odanın tabanı tamamen düzeltilirken, duvarların hafif eğimle yükseldiği görülür. İki oda arasındaki geçiş iki basamakla açılan, kayaya oyulu dikdörtgen bir açıklık sağlar.

Mekânın ortasında ana kaya oyulu kare planlı bir oyugun merkezinde direk yeri görünümünde başka bir çukurluk vardır. Mekânın duvarlarında çok sayıda küçük kare biçimli nişler göze çarpar. Ayrıca mekânın orta kesiminde yaklaşık 1.5x2 m. boyutlarında ana kayaya açılmış bir 'defineci' çukuru vardır

Doğudaki, daha büyük olan odanın kuzey duvarında apsis şeklinde bir seki bulunur.

Mağaraların, güneyinde 1992 ve 1995 yıllarında İstanbul Arkeoloji Müzeleri tarafından kazıları gerçekleştirilen nekropol alanı bulunmaktadır. Daha önceki yıllarda olduğu gibi burada az sayıda olmakla birlikte kaçak kazı sonucu oluşturulan açılan çukurluklar görülür. Bu çukurlarda

yapılan gözlemlerde ise herhangi bir arkeolojik malzemeye rastlanmamıştır.

Zirvenin kuzeyinde, taşocağı olarak işletilmek istenen alanda yapılan tetkiklerde; araziye girişin gerçekleştiği batıdaki patikadan itibaren toprak çekilmek sureti ile büyük bir kesimde yüzey toprağının kazındığı ve steril ana kayanın açığa çıkarıldığı görülür. Benzeri toprak çekme işlemlerinin zirvenin hemen batısında ve kuzeyindeki yükseltide de gerçekleştiği gözlenir.

Önceki yıllarda arkeolojik dokunun tespit edildiği alanların başta kaçak kazılar olmak üzere olumsuz doğal nedenlerle tahribata açık olduğu gözlenmiştir. Mağara ve hemen güneyindeki nekropol alanının koruma altına alınmamış olması tahribatın artmasında önemli bir neden oluşturmaktadır. Zirvenin kuzeyinde kalan alanda üç kişilik bir ekiple yapılan yüzey taramalarında ise herhangi bir arkeolojik dokuya rastlanmamıştır. Yukarıda söz edildiği gibi bu alandan büyük miktarlarda toprak çekilmiş olması, yüzeyi bozmuş olmakla birlikte arkeolojik gözlem için uygun koşullar oluşturmuştur.

Yukarıda sıralanan, yüzey taraması yöntemlerine dayanan bu gözlemlerimiz eşliğinde, Kartepe zirvesinin güneyinde kalan mağara, falez ve nekropol alanının mutlaka var olan derecelerde doğal ve arkeolojik sit olarak korunmasının uygun olduğu; zirvenin kuzeyinde kalan kesimde ise arkeolojik dokuya, dolayısıyla zirveye 150 metre kadar yaklaşmamak koşulu ile işletme kurulmasında sakınca olmadığı görüşü benimsenmiştir (Kahrıman ve Karul, 2006).

3.6.3 Açılacak taş ocağı işletmesinin çevreye etkisi

İşletilmesi planlanan taş ocağı sahası sınırları ve önerilen sit alanı değişikliği Şekil 11'deki haritada gösterilmiştir. İşletilecek Taş ocağından dolayı genel ortaya çıkabilecek başlıca çevresel sorunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Patlatmalı kaya kazısından kaynaklanan titreşim, hava şoku ve kaya fırlaması ve bunların çevredeki yapılara olan etkisi
- Muhtelif ocak faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyonları
- Şev stabilitesi
- Doğal yapıda kazı sonucu ortaya çıkabilecek ocak ve döküm harmanı dolayısıyla topografyanın bozulması
- Su kaynaklarının etkilenmesi vs.

Bu sorunların sistematik bir yaklaşımla hazırlanacak işletme projesi kapsamında çözüm üretilmesi günümüz mühendislik seviyesi ile olanak dahilindedir. Tüm bu çevresel sorunların söz konusu bölge açısından etkileri, mesafenin fonksiyonu olarak tanımlanabilmektedir. Çağın bilimsel ve teknik yaklaşımları ile faaliyet gösterilmek ve yeterli koruma uzaklıkları ile 1. maddede belirtilen patlatma

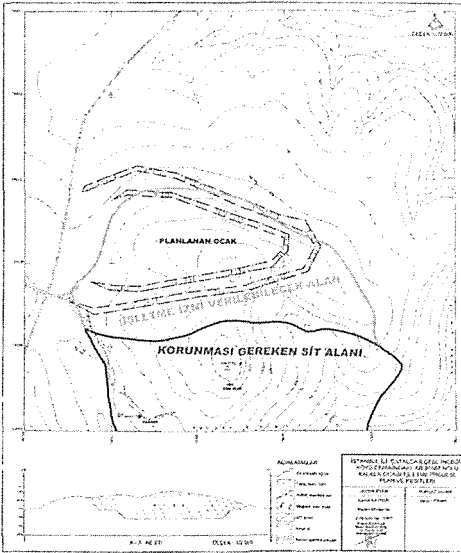
kaynaklı titreşimler dışındaki diğer unsurların giderilmesi çok daha kolaydır.

Ancak patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin diğer unsurlara göre kısmen daha uzaklardaki yapılarda hasar verme riski olabilecektir. Bu nedenle Bu çalışma kapsamında çalışılacak bölge için fiziki etki açısından bu husus öne çıkarılmış ve daha ayrıntılı olarak irdelenmiştir (Kahrıman ve Karul, 2006).

3.6.4 Araştırmada Uygulanan Yöntem

Bu araştırma kapsamında; uygulanan yöntem aşağıda özetlenmiştir.

- Arazide yapılan gözlem ve incelemeler
- Öngörülen taşocağı faaliyet alanının 1/25000 ölçekli topoğrafik harita ve GPS ölçümlerinin birlikte değerlendirilmesi
- Çalışma alanında egemen olan kaya biriminin (kireçtaşı) kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneyler yapılması
- Patlatmalı kazının kaçınılmaz olup olmadığının saptanması
- Patlatmalı kazıda özgül şarj miktarının tahmini
- Kontrollü patlatma ilkeleri ve mühendislik uygulamaları kapsamında titreşim açısından risk analizi



Şekil 11. İşletilmesi planlanan taş ocağı sahası sınırları ve önerilen sit alanı değişikliği (Kahrıman ve Karul, 2006).

Bölge jeolojisini oluşturan kaya birimi kireçtaşıdır. Kireçtaşı üzerinde yapılan petrografik incelemeler neticesinde, söz konusu kayanın sarımsı krem renkli, kristalize, karstik boşlukları

olan, asitle köpürebilen kalsitik bileşimde olduğu anlaşılmaktadır. Dış yüzeyler yüzeysel alterasyona uğramıştır. Karstik boşluklarda ikincil dolgu şeklinde tekrar kalsit mineralleri kristalleşmiştir.

Söz konusu sahada üretim hedefi olan kireçtaşının fiziksel özelliklerini belirlenmesi amacıyla Schmidt çekici deneyi de yapılmıştır. Deneylerin sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanığı Deneği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri belirlenerek kaya sertliği tasvirleri yapılmıştır. Buna göre "SERT" kaya sınıfında yer aldığı anlaşılmıştır. Belirlenen kaya özellikleri ve saha gözlemleri ile birlikte benzer sahalardaki işletme tecrübelerinden de yararlanılarak yapılan değerlendirmeler ışığında üretim sürecinde patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Patlatmalı kazının kaçınılmaz olacağı anlaşılan bu sahada, kaya biriminin belirlenen fiziksel ve mekanik özellikleri dikkate alınmak suretiyle, muhtelif ampirik yaklaşımlardan hareketle yapılan analizler sonucu; yapılmak istenen faaliyet kapsamında özgül şarjın 0.350 kg/m^3 düzeyinde olacağı kestirilmiştir.

Bu değer göz önünde tutularak, ülkemizde mevcut patlayıcı ve ateşleyici elemanların en iyi koşullarda kullanılarak, çok basit yaklaşımlarla da olsa (gecikmeli elektrikli ateşleme) kontrollü patlatma mühendisliği ilkelerinin uygulanacağı varsayımından hareketle; basamak patlatması yapılacağı, basamak yüksekliğinin en fazla 10 m olacağı öngörülerek, gecikme başına düşecek en fazla patlayıcı madde miktarının tek deliğe şarjla 50 kg olacağı ve ilgili diğer basamak patlatması parametrelerinin Tablo 10' daki gibi olacağı tahmin edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, taş ocağı faaliyeti düşünülen sahadaki yukarıda ifade edilen yaklaşımlar çerçevesinde yapılacak patlatmalı kazı nedeniyle mevcut durumda oluşabilecek fiziki etki ve hasarlara yönelik risk analizi yapılmıştır.

Tablo 10. Basamak Patlatması Tasarım Parametreleri (Kahrıman ve Karul, 2006)

Patlayıcı Madde : ANFO	
Delik Eğimi : 800	
Delik durumu : Kuru delik	
Basamak yüksekliği K (m)	10
Basamak genişliği w (m)	40
Delik çapı d (mm)	89
Pratik Dilim Kalınlığı B (m)	3
Pratik Deliklerarası Mesafe S (m)	3.75
Delik Taban Payı U (m)	0.9
Delik Uzunluğu H (m)	11.4
Bir Sradaki Aralık Sayısı adet	14
Sıklama h0 (m)	3
Şarj Konsantrasyonu lb (kg/m)	6
Şarj Uzunluğu h (m)	8.4
Şarj Miktarı Q (kg)	50
Özgül Şarj q (kg/m ³)	0.44

Analizde mümkün olan en uygun parametreler kullanılarak bırakılacak koruma uzaklığı elde edilmiştir. Çalışma sahasında risk potansiyeli açısından izin verilen en yüksek ölçekli mesafe değeri 50 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre söz konusu sahada bir atımda gecikme başına kullanılacak en fazla şarj miktarının 50 kg olacağı da dikkate alınarak hasar riski açısından en uygun uzaklığın ne kadar olacağı hesaplanmıştır.

W = 50 kg ve SD = 50 olarak alındığında risk açısından en uygun uzaklık;
R = 50* 500.5 = 160 m olarak hesaplanmıştır.

Bu değer; atım noktasından 160 m uzaklıktaki yapılar için hasar beklenmemesini ifade etmektedir. Daha düşük yükseklikli basamaklarla üretim durumunda bu risk mesafesinin çok daha da düşeceği açıktır. Örneğin agrega üretim hedefini sağlayacak 7.5 m ve 5 m' lik basamak patlatması uygulamalarında bu uzaklık sırasıyla 134 m ve 105 m seviyelerine inebilmektedir. Uygulamada daha ileri patlatma mühendisliği ilkeleri ve daha modern patlatma elemanları kullanılması ve uygun nitelikteki patlatma titreşim ölçer cihazları kullanmak suretiyle bütün atımların kaydedilmesi durumunda çok daha olumlu sonuçlar alınması teknik açıdan mümkün olacaktır.

Öte yandan ilgili kriterlerin yakın mesafelerdeki yapıların için hasar görme açısından genel olarak kabul ettiği maksimum parçacık hızı yüksek frekanslar için 50 mm/s ve düşük frekanslar için ise 12.7 mm/s' dir. İnceleme alanında görülen antik taş ocağı ve mağara da genel malzeme yapısı olarak kaya birimleri söz konusudur. Yani bu yapılarda herhangi bir inşaat malzemesi kullanımı söz konusu değildir. Bu nedenle, genel olarak patlatma kaynaklı sarsıntıların kaya yapılarında eşik hasar yaratma veya örseleme değeri olarak çok daha yüksek değerlerin gerektiği de bilinen bir gerçektir. Genelde 500 mm/s düzeyindeki bir parçacık hızı gerektiği kabul edilmektedir.

Patlatma kaynaklı sarsıntıların tahminine yönelik olarak Kahrıman ve arkadaşlarının söz konusu bölgede benzer kaya birimleri için uygulamalı çalışmalar sonucu belirledikleri ampirik yaklaşımlar bulunmaktadır. Araştırma kapsamında yapılan çalışmalar ile güncelleştirilen bu yaklaşımlardan hareketle yapılacak tahminler ve bunlara dayalı hesaplamalar dikkate alındığında ise aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu amaçla; Kahrıman ve ark., (2006), Akyol Mıdır ve Mermer San. Tic. A.Ş.'nin Çatalca'daki kireçtaşı ocağı için 320 kayıt olayı kullanarak geliştirdiği ilişki, aynı bölgenin kuzey kesiminde yer alan Beta inşaat tarafından işletilmekte olan taş ocağında 04.05.2006 tarihinde yapılan 2 atıma ait beş adet titreşim ölçer cihazları tarafından kaydedilen toplam 9 adet olaya ait veri çiftleri ilave edilerek yeniden değerlendirilmiş ve Çatalca yöresindeki taşocakları için geçerli olacak

iyi korelasyonlu aşağıdaki ilişki elde edilmiştir. Keza kaydedilen frekans değerleri de genelde 20-25 Hz civarında olmuştur.

$$PPV = 351 \times (R / W^{0.5})^{-1.33} \quad (r = 0.81)$$

Bu formül literatür ve araştırma ekibinin tecrübeleri ile de uyumluluk göstermektedir. Her iki sahadaki istatistiksel açıdan oldukça fazla sayıdaki atımlar sonucu kaydedilen olaylara ait veriler kullanılarak elde edilen bu eşitlik araştırma sahasında da (Bölgede faal halde bulunan taş ocaklarındaki kaya birimi olan kireçtaşının benzer davranışlar göstermesi nedeniyle) rahatlıkla kullanılabilir. Konuyla ilgili hasar kriterlerinin yakın mesafelerdeki yapılar için hasar görme açısından genel olarak kabul ettiği yüksek frekanslar için 50 mm/s, düşük frekanslar için ise 12.7 mm/s ve kaya yapıları için 500 mm/s düzeyindeki maksimum parçacık hızı limitleri ile söz konusu sahada bir atımda gecikme başına kullanılacak en fazla şarj miktarının 50 kg olacağı da dikkate alınarak yukarıda elde edilen iyi korelasyonlu ilişkiyi hasar başlangıç mesafelerinin Tablo 11'deki gibi olacağı tahmin edilmiştir. Bu verilere göre, muhafazakâr bir yaklaşım söz konusu sahada bina tipi yapılar olduğu varsayılsa (ki bu tip bir yapı bulunmamaktadır) ve frekansların da düşük olduğu kabulü ile bir koruma bandı oluşturmak istense 50 ve 25 er Kg lik patlayıcı şarjları için sırasıyla 86 ve 61 m lik değerler kabul edilecekti. Halbuki yapılan incelemelerde sahada arkeolojik bina vs türü yapılar bulunmadığı anlaşılmıştır. Mevcut arkeolojik taş ocağı ve mağaranın ise kaya tipi (kireçtaşı) yapılar olduğu anlaşılmıştır. Bu tür yapılarda herhangi bir örselemeye ve hasara neden olmamak üzere hesaplanan mesafeler ise sırasıyla 5.4 ve 3.8 m olmuştur. Gerek bu teknik veriler gerekse 450 civarında oluşturulacak genel şev açısı ve şev stabilitesi unsurları da dikkate alınarak oldukça muhafazakâr bir yaklaşımla 100 m civarındaki koruma bandının yeterli olacağı öngörülmüştür (Kahrıman ve Karul, 2006).

Tablo 11. Hasar Limitlerine Göre Tahmini Hasar Başlangıç Mesafeleri (Kahrıman ve Karul, 2006)

Gecikme Başına Kullanılan En Fazla Patlayıcı Madde Miktarı (W) (kg)	Tahmini Hasar Başlangıç Mesafesi R (m)		
	Binalar için* Düşük Frekans Limitine Göre (12.7 mm/s)	Binalar için* Yüksek Frekans Limitine Göre (50 mm/s)	Kaya Yapıları Limitine Göre (500 mm/s)
50	86	31	5.4
25	61	22	3.8

* Bu değerler, sahada mevcut binalar için söz konusu olabilecektir.

3.6.5. Sonuç ve kanaat

Çatalca İlçesi sınırları içerisinde 1/25000 ölçekli İstanbul F20-c2 paftasında yer alan AR. 91867 nolu Ruhsat sahasında açılması planlanan Taşocağı Faaliyetinin, sahada bulunan arkeolojik taş ocağı ile mağaraya etki etmeyecek şekilde koruma bandına esas olacak sınırların belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmalarda aşağıdaki hususlar saptanmıştır.

Maltepe antik yerleşimine ait mezarlık, mağara ve tarihi taş ocağı söz konusu çalışma alanının içerisinde, T.C. Kültür Bakanlığı İstanbul II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 21.08.1999 tarih, 4540 sayılı kararı ile 1. Derece Doğal, 2. Derece Arkeolojik Sit olarak belirlenmiş alan içerisinde bulunmaktadır. Önceki yıllarda arkeolojik dokunun tespit edildiği alanların başta kaçak kazılar olmak üzere olumsuz doğal nedenlerle tahribata açık olduğu gözlenmiştir. Mağara ve hemen güneyindeki nekropol alanının koruma altına alınmamış olması tahribatın artmasında önemli bir neden oluşturmaktadır. Zirvenin kuzeyinde kalan alanda üç kişilik bir ekiple yapılan yüzey taramalarında ise herhangi bir arkeolojik dokuya rastlanmamıştır.

Yüzey taraması yöntemlerine dayanan gözlemler eşliğinde, Kartepe zirvesinin güneyinde kalan mağara, falez ve nekropol alanının mutlaka var olan derecelerde doğal ve arkeolojik sit olarak korunmasının uygun olduğu; zirvenin kuzeyinde kalan kesimde ise arkeolojik dokuya, 150 metre kadar yaklaşmama koşulu ile işletme kurulmasında sakınca olmadığı görüşü benimsenmiştir.

İnceleme alanındaki kaya birimi kireç taşı olup, yer yer kristalize olmuştur. Kazı sırasında patlatma faaliyeti gerektirmektedir. Dencysel çalışmalar sonucunda patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılan bu sahada, en önemli fiziksel etki olarak ortaya çıkacağı tahmin edilen patlatma kaynaklı yer sarsıntısının hasar verme riski açısından yapılan analiz sonucunda, taş ocağı işletme sınırının söz konusu sahadaki en yakın yapı olan arkeolojik taş ocağı ve mağaraya yatay ölçekte teknik açıdan 100 m uzaklığa kadar yaklaşabileceği belirlenmiştir. Ancak, Şekil 11 deki haritada gösterildiği üzere planlanan ocak sınırları ise öngörülen koruma bandından çok daha uzak bir mesafededir.

Sonuç olarak; sahada yapılan incelemelerde, sit alanının Şekil 11'deki haritada gösterilen kesiminde (yeşil), taş ocağı açılmasında herhangi bir sakınca bulunmadığı kanaatine varılmıştır.

4 SONUÇLAR

Patlatmalı kaya kazısı, giderek çok daha fazla hacimlerle gündemde olacaktır. Buna bağlı olarak

çevresel sorunlar da doğal olarak artacaktır. Konuyla ilgili teknik elemanların önemli görevleri çağdaş bilim ve teknolojinin sunduğu kolaylıklardan yararlanarak çevre dostu uygulamalara baş vurularak sorunları çözmektir. Bu bildiride tartışılan bazı vakalarda uygulanan yaklaşımlar benzer sorunların yaşandığı sahalarda da kullanılabilir. Ancak her sahanın koşulları farklı olacağından özgün çözüm arayışlarının daha anlamlı olacağı gözden uzak tutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Adıgüzel, D., 2006, "Çatalca Yöresi Akyol Taşocağında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Etkilerinin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi.
- ISRM Uluslararası Kaya Mekanığı Derneği 1992
- Kahriman, A., 1995, "Sivas Ulaş Yöresi Sölestit Cevheri ve Yankayaçları İçin Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi" Doktora Tezi.
- Kahriman, A., 2002, "Trabzon İli Maçka İlçesi Dikkaya Köyü yakınında bulunan tarihi kalenin "Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı" niteliğinde olup olmadığının tespiti, işletilmek istenen taşocağının söz konusu Kale'nin koruma alanında olup olmadığının belirlenmesi ve taş ocağında patlatmalı kazı çalışmalarından kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemlerin söz konusu kaleye olası fiziksel etkilerinin araştırılması" Bilirkişi Raporu, Dosya No: 2002/35 Esas.
- Kahriman, A., 2004, "Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Emet Bor İşletmeleri Espey Açık Ocağında patlatmalı kazı çalışmalarından kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun çevresel etkilerinin araştırılması" Bilirkişi Raporu, Dosya No: 2004/21 Esas.
- Kahriman, A., Karadoğan, A. 2004. KKTC Taş Ocaklarında Patlatmalı Kazı Çalışmalarından Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun Çevresel Etkisinin İncelenmesi. Araştırma Raporu. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. İstanbul.
- Kahriman, A., Karadoğan, A., Adıgüzel, D., Şubat 2006, "Çatalca Yöresi Akyol Taş Ocağında Patlatmalı Kazı Çalışmalarından Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun Ölçümü (Kasım – Aralık 2005, Ocak 2006) Raporu", İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. İstanbul.
- Kahriman, A., Karul, N., 2006, "Çatalca ilçesi İnceğiz köyü civarındaki ar 91867 ruhsat numaralı sahada açılacak taş ocağında gerçekleştirilecek patlatmalı madencilik faaliyetlerinin sahada yer alan arkeolojik taş ocağı ve mağaraya etki etmeyecek şekilde koruma bandına esas sınırların belirlenmesi" İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. İstanbul.
- OSM Bülteni, 1983, USA
- Tuncer, G., Kahriman, A., Özdemir, K., Güven, S., Ferhatoglu, A., Gezbul, T., 2003, "The Damage Risk Evaluation of Ground Vibration Induced by Blasting in Naipli Quarry" III. International Conference: "Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM-2003", Varna, Bulgaria, 9-13 June 2003, pp. 67-75.
- USBM Bülteni, (RI 8507) 1980, USA

Ateşleme Sistemleri ve Bunların Patlatma Performansına Etkisi

E. Alpaydın

Nitromak A.Ş., Ankara

ÖZET: Ateşleme sistemleri, patlatma işlemlerinde çalışmaların öncelikle emniyet içerisinde yapılabilmesi için ve daha sonrası için verimli, amacına uygun patlatma yapılabilmesi için patlatma operasyonu içerisinde ilk ve en önemli basamağı oluşturur. Her türlü patlatma operasyonunun en önemli basamağını oluşturan ateşleme sistemlerinin doğru şekilde planlanması gerekir. Doğru şekilde planlanan ancak planlandığı şekilde uygulanmadığı durumlarda patlatma performansı olumsuz şekilde etkilenir. Özellikle uygun tasarlanmayan ateşleme sistemlerinin kullanılması durumunda, daha sonraki uygulamalarda büyük sorunlar yaratan geri çatlakların oluşması problemleri ile karşı karşıya kalınması kaçınılmazdır.

ABSTRACT: Initiation systems are the first and foremost stage to conduct safe and economical blasting operations. Therefore, correct planning of the initiation systems are of great importance. It should, also, be noted that application errors may cause bad results even with a correct initiation system plan. One of the most important drawbacks of incorrect design of initiation systems is the formation of back-cracking, which cause serious problems in subsequent blasting operations. This paper discusses the effects of the initiation systems on the blasting performance having given initially a short historical development of these systems.

I GİRİŞ

Bir patlatma operasyonunun ilk ve en önemli basamağını ateşleme sistemi oluşturur. Ateşleme sisteminin seçiminde, mutlaka doğru karar verilmeli ve verilen karar doğru şekilde uygulanmalıdır.

Patlatma performansını etkileyen parametreler, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler olmak üzere iki ana grup altında toplanır. Kontrol edilebilen bir parametre olan ateşleme sistemi seçimindeki hatalar, diğer parametrelerin doğru seçilmesi durumunda bile, patlatma operasyonunu sonucunun tek başına, verimsiz olması için yeterlidir. Bu nedenle ateşleme sistemlerinin seçiminde her türlü etkenler göz önüne alınarak eldeki veriler doğrultusunda çalışılan saha için en uygun sistemin belirlenmesi ve bunun kullanılması sağlanmalıdır.

İdeal olarak seçilen ateşleme sistemi güvenilir olmalı ve kullanılan patlayıcılarla uyumlu olmalıdır. Ateşleme sistemlerinin güvenilirliği, kapsüllerin delik içerisinde bulunduğu durumlarda daha çok önem kazanır.

Ateşleme sistemlerinin tarihsel gelişimine bakıldığında ilk olarak 1745 yılında kara barutun, elektrik kıvılcımı ile patlamasıyla başlamıştır. Dr.

Watson, kara barutu elektrik kıvılcımı ile patlatmayı başarmıştır. 1830 yılında bu çalışmanın patenti alındı. 1831 yılında da İngilterede ilk Emniyetli Fital (PVC) fabrikası kuruldu. 1830-1832 yılları arasında köprülü tel sistemleri bulunmuştur. 1864-1867 yılları arasında Alfred Nobel civa fulminat ve emniyetli fitil kullanarak ateşleme sistemi metodunu geliştirdi. 1870 yılında tel köprülü kapsül sistemi geliştirilerek ilk olarak manyeto kullanarak kapsüllerin patlatılması sağlandı. 1895 yılında gecikmeli kapsüller, 1913 yılında da İnfilaklı Fitiller kullanılmaya başlandı. 1946 yılında kısa aralıklı gecikmeli kapsüller, 1969 yılında da düşük enerjili infilaklı fitiller bulundu. Bu durum elektriksi ateşleme sistemlerinin bulunmasında önemli etken oldu. 1976 yılında elektriksiz kapsüller ve 1990 yılında da elektronik kapsüller bulunarak, kullanılmaya başlandı (Özkazanç, 2006).

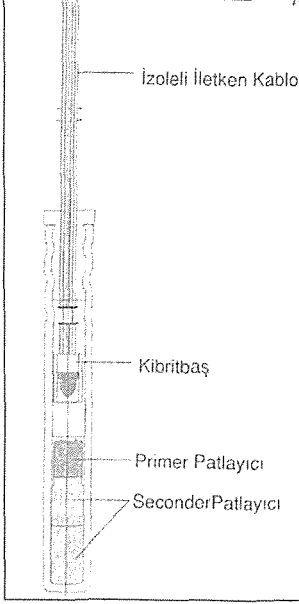
2 ATEŞLEME SİSTEMLERİ

19. yüzyılın sonlarına doğru infilaklı fitilin bulunmasından önce kara barutun ateşlenmesinde bir dizi tehlikeli metodlar uygulanmaktaydı. Bugün dünyada ve ülkemizde kullanılan ateşleme

sisitemlerini iki ana grup altında incelemek mümkündür.

2.1 Elektrikli Ateşleme Sistemleri

- Gecikmesiz elektrikli kapsüller: Alüminyum yüksük ve bakır yüksük
- Gecikmeli elektrikli kapsüller: 30 milisaniye gecikmeli kapsüller (alüminyum yüksük, bakır yüksük) ve 500 milisaniye gecikmeli kapsüller (alüminyum yüksük, bakır yüksük)



Şekil 1. Elektrikli kapsül kesiti

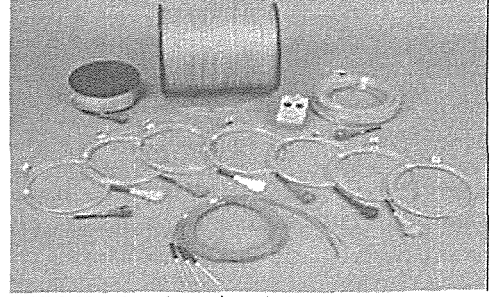
2.2 Elektriksiz Ateşleme Sistemleri

Elektriksiz ateşleme sistemleri: Adi kapsül-emniyetli fitil, infilaklı fitil, elektriksiz (non-electric) kapsüller ve elektronik kapsüllerdir.

2.2.1 Nonel (Elektriksiz) Kapsül Sistemi

Nonel sistemi, düşük enerji tipli iletim hattı olan ve tübün iç kısmı reaktif bir toz ile kaplanmış elektriksiz ateşleme sistemidir. Plastik tüb, sinyal hattından geçen bir şok dalgası ile reaksiyon olur. Bu şok dalgası geciktirici elemanı ateşleyecek kadar güçlü fakat, tübü tahrip edecek veya patlayıcı maddeleri etkileyecek kadar güçlü değildir. Bir Nonel tübündeki şok dalgası hızı yaklaşık 2100 m/sn' dir.

Üç temel Nonel sistemi vardır. Nonel MS, Nonel Un idet ve Nonel LP. Nonel MS ve Nonel Unidet açık ocak patlatmalarında kullanılır. Nonel LP serisi kapsüller ise yer altı patlatmalarında kullanılır. (DYNO NOBEL, 2004)

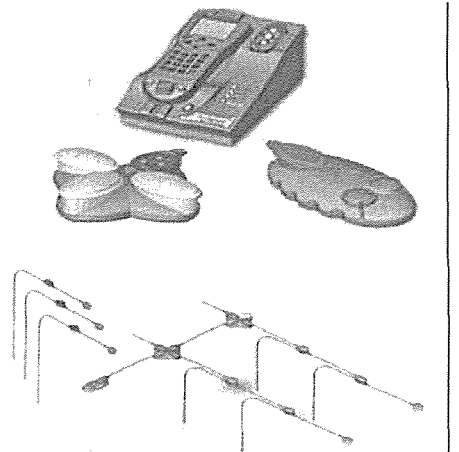


Şekil 2. Nonel ateşleme sistemleri

2.2.2 Elektronik Kapsüller

Elektronik kapsüller, ateşleme sistemlerindeki son noktadır. Kapsül içerisinde bilgisayarlar gibi bir çip yerleştirilmiş olup, bu sayede istenilen hassasiyette gecikme verilebilir. Burada gecikme aralıklarını kullanıcı kendisi tayin etmektedir. Üretici firmalar, 0-40.000 milisaniye arasında gecikme aralıklarında kapsüller üretmektedir.

Bütün yeraltı ve yerüstü patlatma uygulamalarında, çevresel problemlerin olduğu yerlerde, özel patlatma uygulamalarında kullanılabilir. Karmaşık atım gruplarında, eldeki seçeneklerin çokluğuna bağlı olarak verimli sonuçlar elde edilmesi olanağı sağlar. Son derece güvenlidir. Şifresi ve kodu girilmeden patlatılamaz. Elektronik çip sayesinde kapsüllerin çakışması önlenmiştir.



Şekil 3. Elektronik Kapsül sistemi, (Insel ve Kaya, 2004)

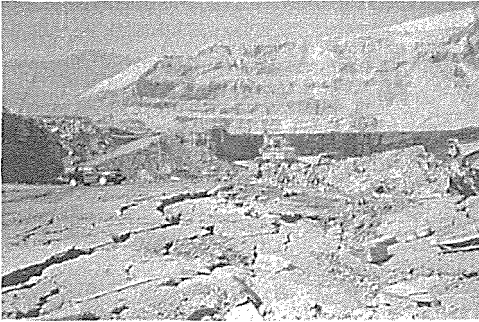
3 ATEŞLEME SİSTEMİNİN SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR

Patlatma işlemleri sonucunda istenmeyen bir durum ile karşılaşmamak ve patlatmalardan yüksek performans elde etmek için uygun bir ateşleme sisteminin seçilmesi gerekir.

Ateşleyiciler ve ateşleme sistemlerinin amacı; patlatma deliklerine konan yemlemenin ateşlenmesi ve atım grubu içinde bulunan, kendinden sonraki deliklere konan yemlemelere akımı iletip, bütün deliklerin problemsiz olarak patlatılmasını sağlamaktır.

Patlayıcı maddelerde olduğu gibi ateşleme sistemleri de, bir önceki delikteki patlama sonucunda oluşan yüksek basınçların etkisi altındadır. Bu yüksek basınç, bazı durumlarda atım grubundaki diğer kapsüllerin patlamasına engel olabilir. Böyle bir durumda atım grubu içerisinde patlamayan deliklerle karşılaşılır. Bu durum tabii ki istenilen sonuç değildir. Amaç, grup içerisindeki bütün kapsüllerin ve buna bağlı olarak patlayıcıların patlatılmasıdır.

Patlatma grubunda kullanılacak olan gecikmeli kapsüller, çok sıra ve sayılı atım gruplarında patlatma deliklerini numaralandırmak için kullanılmaz. Kapsüllerdeki milisaniye cinsinden verilen gecikme aralıkları kayacın bir şekilde amaca göre kırılması için önemlidir ve buna göre tasarlanmalıdır. Yaygın olarak yapılan en büyük hata, gecikme numaralarının yanlış dizilmesidir. Doğal olarak bunun sonucunda patlatma kötü diye tabir edilen bir şekilde sonuçlanacaktır.



Şekil 4. Yanlış ateşleme seçimi sonucunda geri çatlak

Elektriksiz ateşleme sistemi olarak bilinen fitiller, yüksek enerjiye sahiptir. İnfilaklı fitiller, patlatma deliği boyunca kullanılan patlayıcı maddenin yapısını bozarak büyük enerji kayıplarının oluşmasına neden olur. Burada uygulanan delik çapı ve patlatma deliği içerisinde kullanılacak patlayıcı maddenin özellikleri önemlidir. Örneğin 64 mm' nin altındaki delik uygulamalarında ANFO şarjında

ateşleme sistemi olarak infilaklı fitil kullanılması bir uygunsuzluktur ve atım sonucunu olumsuz yönde etkiler. Tüm bunların ışığında, ateşleme sistemlerinin belirlenmesinde hangi noktalara dikkat edilmelidir.

1. Patlatma işlemlerinin gerçekleştirileceği ortamın fiziksel durumu (enerji ve iletişim hatlarının, çalışma ortamında bulunan elektrikli iş makineleri).
2. Atım grubunda hazırlanan patlatma deliklerinin yapısı, (su durumu, kayaç yapısından kaynaklanan boşluklar, kil bantları vb. durumdaki süreksizlik ortamları, tabakalaşma ve tabakaların yatımı vs.).
3. Atım grubunun büyüklüğü, (atım grubu kaç delikten oluşuyor. Kaç sıra delik hazırlanmış. Bir sıradaki delik sayısı ne kadar vb. durumlar).
4. Atım sonucunda elde edilmek istenen taş miktarı ve elde edilen bu malzemenin parça boyutu, (özellikle taşın kırma işleminden geçirilmesi durumunda daha fazla önem kazanmaktadır).
5. Atım sonucunda elde edilen malzemenin hangi amaçla kullanılacak, (dolgu malzemesi, mıcır, balast, tahkimat malzemesi veya dekapaj gibi durumlar)
6. Patlatmalar, çevresel etkiler yaratıyor mu ? (yerleşim birimlerinin çalışma bölgesine olan uzaklıkları, yerleşim noktalarının özelliği konut, alışveriş merkezi hastane vs.).
7. Delik geometrisi, çalışılan basamağın yüksekliği, ayna durumu, atımın yönü gibi kontrol edilebilir parametrelerin durumu.
8. Projenin durumu ve özellikleri, (Projenin amacı nedir, otoyol, baraj, taşocağı vs.) gibi nedenler, ateşleme sisteminin seçiminde dikkat etmemiz gereken durumlardır. Bu etkenlerin sayısını, çalışma şartları ve işletmenin içinde bulunduğu durumları da göz önüne alarak artırmak veya azaltmak mümkündür.

4 ATEŞLEME SİSTEMLERİNİN PATLATMA PERFORMANSINA ETKİSİ

Gerek yer üstü patlatmalarında, gerekse yer altı patlatmalarında temel düşünce; bir önce patlayan patlatma deliğinin, kendinden sonra patlayacak olan patlatma deliğine serbest yüzeyi oluşturmasıdır. Oluşturulan bu serbest yüzeylerle ve uygun seçilen ateşleme sistemleri yardımıyla patlatma delikleri arasında sıkışma olmaz ve atım sonucunda uygun malzeme dağılımı elde edilir (Olofsson, O.Stig, 1991)

Uygun pasa dağılımı sonucuna, doğal olarak gecikmeli ateşleme sistemlerinin kullanılması sonucunda ulaşılır. Bu nedenle patlatma operasyonlarında gecikmeli kapsül kullanılması en önemli kriterlerden birisidir.

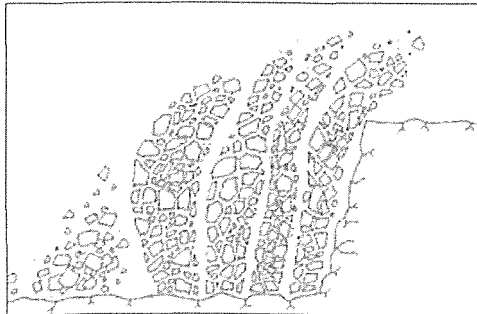


Şekil 5. Uygun gecikme aralıklı yüzey patlatması.

Özellikle delik ve sıra sayısının fazla olduğu atım gruplarında, gecikmeli kapsül kullanılmalı ve hatta elektriksiz (Nonel) kapsüllerin kullanılması kesinlikle doğru bir uygulama olacaktır. Elektrikli kapsül kullanımında, gecikme elemanlarının sınırlı olması, seçenekleri doğal olarak azaltmaktadır. Ancak Nonel (Elektriksiz) ateşleme sistemleri kullanarak bu problemi aşmak ve yüksek performanslı, verimli patlatmalar yapmak mümkündür.

Yapılan ihalelerde verilen yüksek indirim oranlı fiyatlar, yüklenici firmaları elektrikli ve elektriksiz kapsül arasındaki fiyat farklarının hesaplanmasına yönlendirmektedir. Çoğu durumlarda gecikmeli ve gecikmesiz kapsüller arasındaki fiyatlar bile düşünülerek ateşleme sistemi tercihi yapılmaktadır. Günlük yaşantımızda da karşılaştığımız ve hepimizin de çok iyi bildiği saptama; ucuz olan ürün her zaman için ekonomik olmayabilir.

Özellikle uygun tasarlanmayan ateşleme sistemlerinin kullanılması durumunda, daha sonraki delme uygulamaları için ciddi problemler yaratan geri çatlakların oluşması problemleri kaçınılmazdır. Geri çatlaklar, çalışmaların devamında, özellikle delme uygulamalarında ciddi problemler yaratır. Oluşan bu delme problemleri doğal olarak patlatma sonucunu olumsuz yönde etkiler.



Şekil 6. Uygun olmayan gecikme aralıklı yüzey patlatması.

5 ATEŞLEME SİSTEMLERİNDEN KAYNAKLANAN ATIM KESMELERİ

5.1 Atım Öncesi Patlatma Planının Yapılmaması veya Yetersiz Yapılması

Bütün uygulamacılar, patlatma işlemlerine başlamadan önce (delme dahil) mutlaka bir plan yapmalı ve bu planın uygulanmasını sağlamalıdır. Atım kesmelerindeki nedenlerin bir çoğu ateşleme sistemlerinden kaynaklandığı için bu durum dikkate alınmalıdır. Delik geometrisi, ateşleme sisteminin cinsi, kablo boyları, gecikme aralıkları gibi bir çok parametreyi tasarlayıp ve tasarlandığı gibi uygulamak, patlatma performansı açısından yararlı olacaktır.

5.2 Patlatma Planının Uygulanması

Delici operatörünün, patlatma deliklerinin düzgün patlatılmasında ve bunun sonucunda açığa çıkacak enerjinin yüksek değerde olmasında büyük etkisi vardır.

Patlatma sırasında sıkışmadan kaynaklanan atım kesmeleri, patlatma deliklerinin sık delinmesinden kaynaklanabilir. Bu olumsuzlukların yaşanmaması için delme işlemine geçmeden önce mutlaka atım grubu tasarlanmalı ve delici operatörüne verilmelidir.

Ülkemizde çok sık rastlanan bir durum; delici operatörünün verilen plana uymayıp kendi kafasından parametreler oluşturarak buna göre atım grubu hazırlamaktadır. Delici operatörünün verilen delik geometrisinin yetersiz olduğu veya gereğinden fazla olduğu şeklinde yorumlarla oluşturduğu yeni delik geometrisi, patlatma performansını olumsuz yönde etkiler.



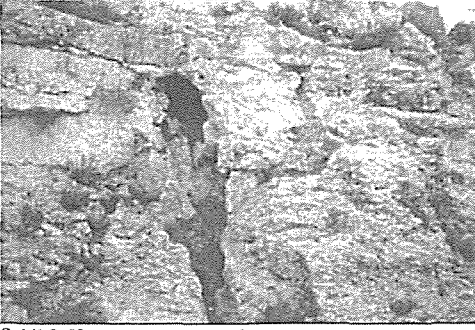
Şekil 7. Planlama sonucunda amacına uygun patlatma

5.3 Patlatma Bölgesindeki Kayacın Jeolojik Yapısı

Atım grubunda ve bu bölgede jeolojik etüdüün yapılması zaman zaman sürprizlerle karşılaşmamızı engellemez. Atım grubu jeolojik yapısının patlatma

performansı üzerinde olumsuz ve zarar verici etkisi olabilir.

Kayaç yapısındaki çatlak sistemleri, tabakalanma, kil veya kum bantları ve jeolojik boşluklar, delik içerisinde patlatma sonucu oluşan gazın sıkışmasını engeller ve bu da patlayıcıların detonasyonunu etkileyerek atım sonucunda yeterli miktarda enerjinin açığa çıkmasını engeller.



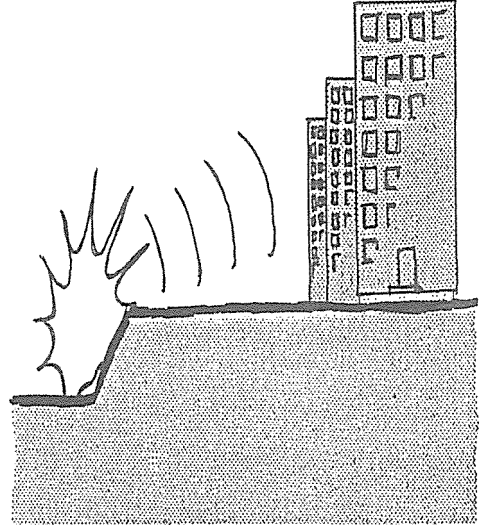
Şekil 8. Kayaç yapısına örnek

Jeolojik olarak göz önüne alacağımız en önemli veri, kırık sistemleri, bunların yönü, yatımı, çamur veya yumuşak bantlardır. Bunlarında atım öncesi tespiti fiziksel kontrolle mümkündür.

6 ÇEVRESEL ETKİLER VE ATEŞLEME SİSTEMLERİ

Geçmiş yıllarda yerleşim birimlerinden oldukça uzak alanlarda bulunan taş ocakları, çimento ve kireç fabrikalarının hammadde ocakları ve özel uygulama çalışmalarının yapıldığı patlayıcı madde ve buna bağlı olarak ateşleme sistemlerinin kullanıldığı bir çok yer artık yerleşim birimlerinin içerisine kalmış durumdadır. Ülkemizde ki uygulamalarda yapılaşmalar genelde çalışma alanları etrafında yoğunlaşmaktadır. Bir çok sektörde bu durum doğal karşılanabilir. Ancak, patlayıcı madde ve ateşleme sistemlerinin kullanıldığı çalışma alanlarında kullanımdan kaynaklanan çevresel etkiler meydana geleceğinden, böyle yapılaşmalar uygulamacıları sıkıntıya sokmaktadır.

Burada oluşan çevresel etkilerden en önemlileri ve ilk akla gelenleri hava şoku, kaya uçmaları (flyrock) ve yer titreşimidir. Yapıların titreşime maruz kalması ile birlikte binalarda çatlak ve bunun daha ileri boyutları oluşmaktadır.



Şekil 9. Yerleşim Birimlerinin Yakınında Patlatma Uygulamaları.

Çevresel problemlerin olduğu yerlerde çalışmaların durdurulması veya uygulanan projenin iptali her zaman için mümkün olmayabilir. Bu nedenle çalışmaların devamını sağlayacak yöntemleri tespit ederek, uygulamalara devam etmek gerekir. Çevresel etki yaratan bütün olumsuzlukların belirlenmesi ve etkilenme derecelerinin tespit edilerek mevcut durumun proje başlangıcından önce kayda alınması yarar vardır.

Çevresel etkilenme gerçekten var olabileceği gibi psikolojik etkenlerle birlikte firmalardan ekonomik çıkar edinmeyi benimseyen bir çok düşünce yapısı içerisinde olanların oranı da azımsanmayacak kadardır. Ancak tabii ki bizler durumu bu şekilde değerlendirmeden önce her türlü önlemlerimizi mutlaka almalıyız. Bunun ilk basamağını da ateşleme sistemleri almaktadır. Ateşleme sistemlerinin doğru seçilmesi;

- Yer titreşiminin azaltılmasında çok önemli oranda etkili olup kesinlikle çok dikkat edilmesi gereken noktadır. Bu durumlarda gecikmeli ateşleme sistemleri tercih edilmelidir. Elektrikli ateşleme sistemlerinin yetmediği durumlarda Elektriksiz (Nonel) Kapstiller tercih edilmelidir.
- Hava şokunun kontrol altına alınmasını sağlar. Çevresel etkilerde titreşim içinde geçerlidir, belirleyici ana etken gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarıdır. Yine gecikmeli ateşleme sistemleri kullanmak çözüm önerilerinden biri olabilir. Özellikle hava şokunun etkili olduğu bölgelerde infilaklı fitil

kullanılmamalıdır. İnfitalıklı fitilin kendisinde patlayıcı madde olduğu için yüzeyle kalan kısımları önemli oranlarda hava şoku oluşturur.

- c) Doğru ateşleme sistemlerinin tercihi kaya uçmalarını önlenmesinde direkt olarak etkili olmasa da önemli oranda azaltabilir. Özellikle uygun gecikme aralıkları delme sistemlerine de bağlı olarak uçan kaya miktarlarını en aza indirir.
- d) Bölgede yaşayanlara psikolojik rahatlık sağlar. Çevresel etkilerin çoğu psikolojiktir. Bununla birlikte önemli bir kısmı da, çalışma yapan firmadan maddi menfaat sağlamaktır. Ancak belirli oranlarda da gerçekten rahatsızlık hissedilenler vardır. Bunu iyi tespit etmek gerekir.

7 SONUÇLAR

Yapılan çalışmalarda mutlaka amaç her zaman vurgulandığı gibi öncelikle emniyet ve daha sonra ekonomi olmalıdır. Ekonomik düşüncenin ön plana alınması sonucunda gözden kaçırılan bazı emniyet önlemlerinin alınmaması sonucunda çok daha büyük

miktarlarda maddi kayıplarla birlikte manevi sıkıntıları ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemiz 90'lı yılların hemen başlangıcı ile birlikte patlayıcı sektöründe büyük gelişme ve aşama kaydetmiştir. Her türlü patlatma sorunları uzman kuruluşlarla birlikte çözüme kavuşturulmakta ve çalışmaların devamı sağlanmaktadır.

Ateşleme sistemleri patlatma operasyonlarının ilk basamağını oluşturduğu için tercihinde çok daha fazla dikkat edilmesi gerekir. Çünkü ateşleme sistemlerinin doğru belirlenmesi ile verimli, yüksek performanslı patlatma sonuçlarına ulaşılacaktır.

KAYNAKLAR

- İnel, N., Kaya, E., 2004, Nitromak Sektörel Dergi.Sayı.3
Nisan-, ANKARA
- Olofsson O. Stig, 1991. Applied Explosives Technology for
Construction and Mining,Second Edition. ARLA,
SWEDEN.
- Özkazanç, O., 2006, Nitromak Sektörel Dergi Sayı.9
ANKARA

Taşocaklarında Yapılan Patlatmaların Değerlendirilmesi

G. Konak, A.H. Onur & D.Karakuş

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET: Gelişen şehirleşme, mevcut taşocaklarının özellikle büyük şehirlerde yerleşim alanları içinde kalmasına neden olmuştur. Taşocaklarında yapılan başta delme – patlatma olmak üzere ve diğer faaliyetler sonucunda, çevrelerdeki yerleşim alanlarında toz, gürültü ve yer sarsıntısı (vibrasyon) gibi olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Özellikle galeri patlatma yönteminin uygulanması durumunda bu olumsuz etkiler katlanarak artmaktadır. Bu çalışmada, taşocaklarında uygulanan galeri şeklindeki patlatma yöntemi ile, basamaklar oluşturularak yapılan delme-patlatma yöntemi teknik, ekonomik, emniyet ve çevresel etkileri yönünden karşılaştırılmaktadır.

ABSTRACT: The developing urbanisation causes the quarries to remain within residential areas, especially in big cities. Some activities carried out in quarries such as drilling and blasting, result in dust generation, acoustic contamination and ground vibrations at these residence areas. When using coyote blasting, these negative effects occur repeatedly. In this study, coyote blasting and bench drilling-blasting methods have been examined as regards to technical, economical, security and environmental effects.

1 GİRİŞ

Açık maden ocakları, taş ocakları ve inşaat şantiyeleri gibi yerlerde yapılan patlatmalar, çevrede az veya çok hasar meydana getirir veya yakınmalara neden olurlar. Ülkemizde yerleşim yerlerine yakın irili ufaklı birçok taş ocağı faaliyet göstermekte ve bu taş ocaklarında, son yıllarda azalmakla birlikte, galeri atımı olarak adlandırılan patlatma yöntemi uygulanmaktadır.

Bu yöntemde fazla miktarda patlayıcı madde aynı anda patlatıldığından, aşırı yer sarsıntısı, taş fırlaması ve hava patlaması (hava şok dalgası) gibi çevresel zararlar oluşmaktadır. Ayrıca, oluşan yüksek kaya şevleri hem çalışma güvenliğini tehdit etmekte, hem de kazı işlemini tamamladığında yeniden düzenlenmesi çok zor olan ve doğal dengesi son derece bozulmuş çirkin görüntüler oluşturmaktadırlar.

Taş ocaklarında uygulanan patlatma yöntemleri teknik ve ekonomik açıdan incelendiğinde, galeri patlatmaları uygulanması zor ve pahalı bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen, ülkemizde özellikle küçük taş ocaklarında galeri patlatmaları, ilk yatırım giderlerinin çok düşük olması nedeni ile tercih edilmektedir. Toplam patlatma giderleri ele alınarak yapılan ekonomik analizlerde ise, galeri

patlatma yönteminin pahalı bir yöntem olduğu ortaya çıkmaktadır.

Galeri patlatma yönteminin olumsuzluklarının önlenmesi, ancak basamaklar şeklinde yapılan delme-patlatma yöntemi ile mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, galeri patlatma yöntemi ile basamak şeklinde yapılan patlatma yöntemleri tanıtarak, teknik, ekonomik ve çevresel etkileri karşılaştırılmaktadır.

2 UYGULANAN PATLATMA YÖNTEMLERİ

2.1 Galerinin Şeklinde Patlatma Yöntemi

Galeri şeklinde patlatma ilk defa askeri amaçlar için kullanılmıştır. Dünya savaşından sonra madencilikte faydalanılmış ve delik delme makinelerinin gelişmesi ile terk edilmeye başlanmıştır.

Bu yöntemde bir galeri veya kuyu ile basamağın taban kotuna inilerek bir oda oluşturulacak şekilde cep veya cepler açılır. Açılan galeriler T veya L şeklinde olmaktadır (Şekil-1). Hazırlanan odalar patlayıcı madde ile doldurulduktan sonra, oda ile irtibatlı galeriler taş, kum, kil gibi sıkılama malzemesi ile doldurularak patlamaya hazır hale getirilir. En verimli basamak yüksekliği 20-30 m arasındadır.

Yapılan çalışmalara göre şarj miktarı:

$$Q = w^3 \cdot c \cdot d \quad (1)$$

Burada, Q: Patlayıcı miktarı

w: dilim kalınlığı

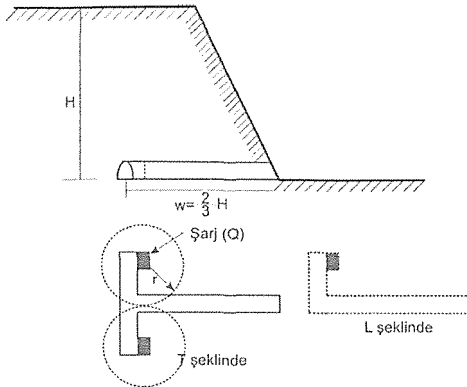
c : özgül patlayıcı madde miktarı

d: sıkılama faktörü

T şeklinde galeri patlatmalarında şarj yerleri arasındaki mesafe patlayıcı madde miktarına bağlı olarak hesaplanır. Bu durumda T nin her ucundaki patlayıcının bir yarıçapı (r) bulunmaktadır ve bu yarıçapların birbiri ile kesişmemesi gerekir. Parçalanma yarıçapı ;

$$r = \sqrt[3]{\frac{Q}{3}} \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır.



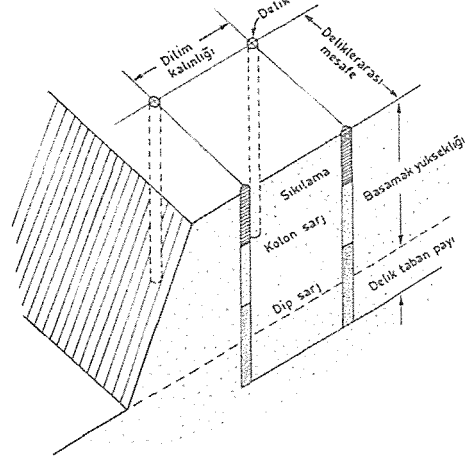
Şekil 1 Galerinin patlatma şekilleri

2.2 Basamak Şeklinde Patlatma Yöntemi

Bu yöntemde, yükleyici kapasitesine uygun yükseklikte (genellikle 8-12 m) basamaklar oluşturulur. Basamaklarda patlatılacak kayaç miktarına bağlı olarak tek veya çok sıralı veya değişik geometrik şekillerde delikler delinir. Bu deliklerin yaklaşık %60-70'lik bir bölümü patlayıcı madde ile doldurulduktan sonra geriye kalan kısım kil, kum, çakıl ve benzeri malzeme ile doldurularak sıkılır ve patlamaya hazır hale getirilir (Şekil 2).

Normal patlatmalarda kural olarak basamak ayna yüksekliğinin, delik ayna uzaklığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru seçim olacaktır. Yükleyici makinelerin de, güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından, karşılığında uygun bir ayna yüksekliği olması gerekmektedir. Tarif olarak bu mesafe kepçe erişebilme yüksekliğidir. Genel

olarak basamak yüksekliğinin 3 ile 18 metre arasında değiştiği söylenebilir.



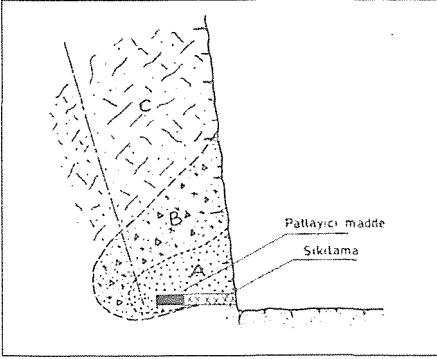
Şekil 2 Basamak şeklinde patlatma planı

3 YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1 Yöntemlerin Teknik Açısından Karşılaştırılması

Patlatma sonucunda kazanılacak hammaddenin tane iriliği (parça boyutu), kazı ve yükleme makinelerinin kepçe kapasitelerinin belirlenmesinde, nakliye araçlarının seçiminde ve kırıcıların çene açıklıklarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Patlatma yönteminin seçimi ve boyutlandırılması, istenilen tane boyutunda bir parçalanma sağlayacak şekilde planlandığında, kırma - eleme tesisi ile yükleme ve nakliye araçlarının iş verimleri önemli oranda artacaktır.

İstenilen boyutta ve homojen bir parça dağılımı elde edilmesi için, kullanılacak olan patlayıcı maddeyi patlatılacak olan kütle içerisinde, galeri ateşlemelerinde olduğu gibi, bir veya birkaç noktaya doldurmak değil, planlı bir şekilde birçok noktaya dağıtmak gerekir. Bunun için de düzenli basamaklar oluşturularak delme - patlatma işlemi yapılmalıdır. Bir kaya kütesini belirli bir tane iriliğine kırabilmek için belirli bir enerji miktarı gereklidir. Bu enerjiyi sağlayacak olan patlayıcı madde miktarı sabit kalacağına göre, elde edilecek enerjiden en fazla verimi almak uygulanan yöntemle bağlı olmaktadır. Galerinin atımlarında ceplere yerleştirilen patlayıcı maddenin üzerine gelen yük çok büyük olacağı için, düşey yönde (yukarıya doğru) patlama şiddeti çok az olacaktır. Şekil-3'de görüleceği gibi, galerinin patlatılmasında tüm kütlelenin parçalanması için kullanılan patlayıcı sadece A bölgesindeki parçalanmayı sağlamakta, B ve C bölgelerindeki etkisi ise giderek azalmaktadır.



Şekil 3 Galeri patlatmasında kırılma teorisi (Erkoç 1990)

Galeri ateşlemesi sonucu oluşan malzeme yığını 3 bölgede karakterize edilebilir. Bunlar ;

1. A bölgesinde aşırı ufalanma ve dışarıya doğru savrulma gözlenecektir.
2. B bölgesinde kayadaki yapısal çatlaklara uygun parçalanma olacak, birbirinden ayrılan bloklar, iri kütleler halinde A bölgesinin üzerine yığılacaktır.
3. Doğal dengesini kaybeden kayaç kütlesi yerçekimi etkisi ile kendi orijinal karakterine göre çok iri bloklar halinde parçalanacaktır (C bölgesi).

Bu işlemler sonucunda, kazılıp yüklenmesi ve nakledilmesi son derece zor, sürekli patarlama (ikincil patlatma) işlemi gerektiren bir malzeme yığını elde edilecektir. Ayrıca, kırıcı tesisine beslenecek olan iri taneli malzeme hem kırıcı verimini düşürecek, hem de kırma giderlerini arttıracaktır.

Galeri patlatmalarının oluşturduğu bu olumsuzluk-ları, düzenli basamak patlatmaları ile gidermek mümkündür. Özellikle son yıllarda basamak patlatmalarında geliştirilen tekniklerle çok kontrollü patlatmalar yapılabilmektedir. Bunlar, eğimli delikler, gecikmeli ateşleyiciler (nonel kapsül, milisaniyeli kapsül, saniyeli fitil, gecikme röleleri gibi), ve geliştirilen değişik türdeki patlayıcılar ile sağlanmaktadır.

Basamak patlatmalarında patlayıcı madde, patlatılacak olan kütlede belirli bir sistematige uygun olarak delinmiş deliklere homojen olarak doldurulmaktadır. Ayrıca gecikmeli ateşleme teknikleri ile aynı anda patlatılan patlayıcı madde miktarı azaltılmakta, böylece sarsıntı ve diğer çevresel hasarlar önlenmekte, ayrıca her gecikme aralığında yeni serbest yüzeyler elde edilerek iyi bir parçalanma sağlanmaktadır.

3.2 Yöntemlerin Çevresel Etkileri Yönünden Karşılaştırılmaları

Uygulamada patlayıcının kullanıldığı her tür işletmede çevresel sorunlar sözkonusu olmaktadır.

Bu nedenle oldukça önem verilen bu konu hakkında birçok araştırma yapılmış ve değişik yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar, patlatma sonucu üç değişik tür hasarın oluştuğunu öngörmektedir. Bunlar;

- a) Yer sarsıntısının oluşturduğu yapısal hasarlar
- b) Patlatma anında fırlayan kaya ve taşların oluşturduğu hasarlar
- c) Hava şoku ve gürültü hasarları'dır.

3.2.1 Yapısal Hasarlar

Bu hasarlar, patlatma ile oluşan şok dalgasının katı ortamda sismik dalgalar şeklinde yayılması ile oluşur. Yani, bir kaynaktan yayılan sismik dalga, herhangi bir noktada bulunan bir yapıya ulaştığında, yapının oturduğu zeminde elastik bir deformasyon yaratmaktadır. Deformasyonun oluşum hızına (kütle hızına) göre yapıda belirli hasarlar meydana gelir. Konuyla ilgili birçok yaklaşım ve bağıntı bulunmakla birlikte, burada fazla detaya girilmeden, hasar belirlenmesinde en çok kullanılanları Kütle Hızı Teorisi'nden bahsedilecektir.

$$V = k \times \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta} \quad (3)$$

V : Kütle hızı (mm/sn)

k : Arazi katsayısı

Q : Bir seferde patlatılan patlayıcı miktarı (kg)

R : Patlatma noktasına olan uzaklık (m)

β : Sönümlenme katsayısı

Yukarıda 3 nolu formülde verilen kütle hızının (V) artmasıyla doğru orantılı olarak yapısal hasarlar da artmaktadır. Ülkemizde hasar sınırlarının belirlenmesi ve şikayetlerin incelenmesi amacıyla "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" 01.07.2005 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Buna göre yönetmeliğin 29/a maddesinde Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunan alanlardaki patlamaların çevredeki yapıların hasar limitleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek
	Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50

Kütle hızını etkileyen parametreler kayaç yapısı, uzaklık ve patlayıcı madde miktarı olmakla birlikte, değiştirilebilecek tek faktör, bir seferde patlatılacak olan patlayıcı madde miktarıdır. Özellikle galeri patlatmalarında bir seferde fazla miktarda patlayıcı kullanıldığı için yer sarsıntıları da artmaktadır. Buna karşılık basamak patlatmalarında gecikmeli kapsüllerle bir seferde patlatılan patlayıcı madde miktarı azaltılarak, yer sarsıntıları kontrol edilebilir.

3.2.2 Fırlayan Kaya ve Gürültü Sorunları

Patlatmalarda kullanılan patlayıcı miktarı ve patlatma yöntemlerine bağlı olarak fırlayan kaya, hava şoku ve gürültü sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Fırlayan kayalar can ve mal güvenliği bakımından önemlidir. Gürültü ve hava şoku, özellikle yerleşim bölgelerine yakın patlatmalarda şikayetlere yol açar. Örneğin yüksek şiddetli hava şokları camların kırılmasına neden olabilir, gürültü ise işitme sorunları çıkarır.

Bu sorunların başlıca nedenleri, galeri patlatmalarında olduğu gibi, bir seferde fazla miktarda patlayıcıyı patlatmak, zayıf sıkılama, yetersiz dilim kalınlığı, toprakla örtülmemiş infilaklı fitil uygulaması ve patlatma ile oluşan çatlaklardan atmosfere gaz kaçmasıdır. Gürültü, hava şoku ve kayaç fırlaması düzenli basamak patlatmaları ile önenebilir.

3.3 Yöntemlerin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması

Ülkemizde galeri patlatmalarının halen uygulanmasının tek nedeni, ilk yatırım maliyetinin çok düşük olmasıdır. Oysa basamaklar oluşturarak yapılan patlatma yönteminde delici makine ve ekipman için yapılan ilk yatırım masrafları oldukça yüksektir. İşletmeye yeni başlayan ve yeterli sermayesi bulunmayan işletmeciler, galeri patlatma yöntemini tercih etmektedirler. Bunların bir bölümü ilerleyen yıllarda yöntem değişikliğine giderken, diğer bir bölümü ise alışkanlık kazandıkları patlatma yöntemini değiştirmemektedirler.

Ekonomik değerlendirmenin yalnızca ilk yatırım tutarları göz önüne alınarak yapılamayacağı bir

gerçektir. Galeri ateşlemelerinden sonra ikincil patlatma (patarlama), yükleme, nakliye ve kırma masrafları aşırı oranda yükselecektir. Patlayıcılardan tam verim alınmadığından birim patlayıcı madde giderleri de yükselecektir. Ayrıca ikinci patlatma işlemleri ve yükleme zorlukları nedeniyle makine verimleri azalacaktır.

İşletmenin tümü üzerinde yapılan genel mali analizlerde, galeri şeklinde yapılan patlatmaların, delikler delinerek yapılan basamak patlatmalarına göre daha pahalı bir yöntem olduğu ortaya çıkmaktadır.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde, yerleşim yerleri yakınında faaliyet gösteren birçok taşocağı bulunmaktadır. Bu taşocaklarının bir kısmında patlatma yöntemi olarak galeri patlatma yöntemi uygulanmaktadır. Teknik ve ekonomik yönden hiçbir avantajı olmayan bu yöntem, birçok çevresel soruna da neden olmaktadır. Basamaklar halinde patlatma yöntemi, gerek teknik, gerek ekonomik yönden galeri yöntemine göre daha avantajlıdır. Ayrıca bu yöntemin galeri patlatma yöntemine göre daha esnek olması, farklı işletme koşullarına uyum sağlayabilmesi de ayrı bir avantajdır.

Teknik, ekonomik ve çevresel etkiler yönünden daha avantajlı konumda olan basamak patlatma yönteminin tüm taşocaklarında kullanılması gereklidir. Böylece çevreye verilebilecek zararlar asgariye indirildiği gibi, ülke ekonomisine de kaynakların etkin kullanımı sayesinde olumlu katkılar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Erkoç, Ö.Y., 1990, "Kaya Patlatma Tekniği", İstanbul.
Köse, H., ve Diğerleri, 1996, "Açık İşletme Tekniği" D.E.Ü.
Müh. Fak. İzmir
Öcal, D.M., 1972, Açık İşletmeciliğin El Kitabı, Etibank

Gaziantep Çevre Yolunda Yapılan Patlatmalardan Kaynaklanan Yer Sarsıntılarının Önlenmesi: Örnek Uygulama

M.O. Özkazaç

NİTROMAK A.Ş., Ankara, Turkey

ÖZET: Bu çalışmada, Gaziantep çevre yolu inşaatı sırasında patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntısı şikayetleri üzerine yapılan bir örnek uygulama verilerek, sarsıntıların nasıl önenebileceği, neler yapılması gerektiği anlatılmıştır. Yol inşaatını yürüten taşeron firmaların mevcut patlatma yöntemleri ile yer sarsıntısı ölçümleri alınmış, alınan ölçümlerden faydalanarak patlatma yapılan bölgelerin arazi katsayıları tespit edilerek, her bir patlatma için rahatsızlık yaratmayacak patlayıcı madde kullanım miktarları hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucu taşeron firmaların patlatma uygulamalarında değişiklik yapmaları istenmiş ve bu firmaların da önerilen tasarımı uygulamaları sonucu patlatma yapılan bölgede bulunan rahatsızlıklar ortadan kaldırılmıştır. Sarsıntıların önlenmesinde gecikmeli elektrikli kapsül kullanımı yeterli olmuştur.

ABSTRACT: In this study, a sample application, implemented on Gaziantep orbital motorway due to complaints about the ground vibrations is given together with the prevention methods and solutions tools. Seismic measurements are conducted at the conventional blasting operations conducted by the contractor firms under the charge of project. By processing the conducted seismic measurement data, ground transmission and damping coefficients of the project site are determined, which in turn used for determining the maximum explosive material that can be blasted per delay. After the study is completed, the contractor firms are requested to perform some modifications on their blasting system. The ground vibration complaints at the area are successfully eliminated, after the contractors fulfilled the recommended modification in the blasting system. The utilization of electrical delay caps was sufficient for elimination of the ground vibration.

1 GİRİŞ

Patlatmalardan kaynaklanan çevresel sorunlar patlatma yapan firmalar ile çevrede bulunan yaşam merkezleri arasında sürekli olarak sorunlar yaratmaktadır. Plansız ve düzensiz şehirleşmeler sonucunda önceleri yaşam merkezlerinin oldukça dışında bulunan taş ocakları, maden işletmeleri yıllar geçtikçe yaşam merkezleri tarafından çevrilmektedir. Ülkemizde delme ve patlatma işlemlerinin halen teknik olarak yeterli bilgiye sahip kişilerce ve kurallara uygun olarak yapıldığını söylememiz mümkün değildir. Dolayısı ile çevreleri yaşam merkezleri ile çevrilmiş işletmeler, bir de hatalı patlatmalar yaptığında ortaya çözülmesi son derece güç sorunlar çıkmaktadır.

Bazı yerlerde ise kaya yapısının jeolojik özellikleri, patlatma yerinden oldukça uzak yerlerde bile yer sarsıntısına neden olabilmektedir. Bazı durumlarda ise çalışan işletmeden çıkar sağlamaya yönelik şikayetlerle de karşılaşabilmektedir. Patlatmalardan kaynaklanan

çevresel sorunlar arasında; taş savrulması, yer sarsıntısı, hava şoku ve toz yer almaktadır.

Gaziantep çevre yolu projesi, Gaziantep-Şanlıurfa otoyoluna bağlı olarak yapımına başlanmış ve ilin çevresini dolanan bir otoyol çalışmasıdır. Otoyol bazı yerlerde evlerin yanına 20 metreye kadar yaklaşmaktadır. Kaya yapısı dolayısı ile patlatma yapmadan kazıcı makinelerle çalışmak mümkün değildir. Yapılan patlatmalardan dolayı Turizm Okulu ve çevresinden gelen şikayetler üzerine yapımı üstlenen firma, taşeronları aracılığı ile yaptırdığı patlatmaları denetletmek ve sorunu çözmek istemiştir.

2 DURUM TESPİTİ

Çalışmanın ilk aşaması mevcut durumun tespit edilebilmesi amacıyla, taşeron firmaların yapmış oldukları patlatmaları hiçbir müdahalede bulunmadan izlemek ve gerekli bilgileri kayıt altına almaktan oluşmuştur.

Turizm okulu ve çevresinde 3 farklı taşeron çalışmakta olup, patlatma yerinin Turizm Okuluna

olan uzaklıkları, Taşeron 1 için 570 m, taşeron 2 için 700 m ve taşeron 3 için 680 m'dir. Taşeron firmaların uyguladıkları patlatma paterni yanda verilmiştir.

- Delik Çapı: 102 mm
- Hazır Anfo Yoğ : 0.74 g/cm³
- Delik Derinliği : 6 m.
- 1 m. Deliğe konulan ANFO : 6 kg.
- Her deliğe 2 dinamit lokumu konmakta
- Deliğin 3.5 m. patlayıcı ile doldurulmakta 2.5 m'ye sıkılama yapılmaktaydı
- Alt delme yapılmamaktaydı

- Delik-Ayna mesafesi 3 m
- Delikler arası mesafe 4 m
- Ateşleme sistemi "0" No Elektrikli Kapsül
- Bazı taşeronlar hazır ANFO yerine kaçak olarak gübreden hazırlanmış ANFO'da kullanılmaktadır.

3 YER SARSINTISI ÖLÇÜMLERİ

Taşeron firmaların yapmakta olduğu patlatmalardan 3 adet Instanetel marka Minimate model sarsıntı ölçer ile toplam 14 adet kayıt alınmıştır. Alınan kayıtlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sarsıntı ölçerler ile alınan kayıtlar

TARİH	CIHAZ NO	R (m)	Q (kg)	SD	T (mm/s)	V (mm/s)	L (mm/s)	PVS (mm/s)	T (Hz)	V (Hz)	L (Hz)
14.11.2001	5523	570	200	40.305	1.02	1.02	1.27	1.55	35.50	33.75	37.14
14.11.2001	5523	570	315	32.116	2.79	2.79	4.19	4.90	8.00	7.88	34.00
14.11.2001	5523	570	216	38.784	1.40	1.78	2.03	2.17	35.75	31.75	31.50
14.11.2001	5523	700	1500	18.074	1.27	0.89	1.27	1.55	28.12	6.70	6.70
15.11.2001	5523	400	700	15.119	0.38	0.51	0.51	0.76	7.00	5.25	5.25
15.11.2001	5525	570	700	21.544	1.90	2.16	3.17	3.59	38.87	7.87	7.87
15.11.2001	5524	480	700	18.142	0.89	3.43	1.40	3.55	8.00	7.87	7.87
15.11.2001	5523	210	170	16.106	3.56	3.68	3.05	4.91	10.75	15.37	16.75
15.11.2001	5525	680	170	52.154	2.40	1.20	5.33	5.46	33.62	34.00	33.62
15.11.2001	5523	210	126	18.708	3.56	3.68	3.05	4.91	10.75	15.37	16.75
15.11.2001	5525	680	126	60.579	2.16	2.91	3.05	3.29	33.00	32.37	32.37
15.11.2001	5524	590	126	53	0.76	0.89	0.64	1.03	31.25	16.50	7.50
15.11.2001	5523	210	126	18.708	3.17	1.90	2.54	3.25	29.25	18.75	39.25
15.11.2001	5523	700	100	70	1.02	0.51	0.38	1.09	118.00	99.50	133.00

R: Patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki mesafe, m

SD: Ölçekli mesafe

V: Sarsıntı dalgasının düşey eksen bileşeni, mm/s

PVS: Sarsıntı dalgasının bileşke eksen bileşeni, mm/s

T: Sarsıntı dalgasının yatay eksen bileşeni, mm/s

Q: Aynı anda patlayan patlayıcı madde miktarı, kg

L: Sarsıntı dalgasının boyuna eksen bileşeni, mm/s

4 ARAZİ KATSAYILARININ TESPİTİ

Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının tespitinde aşağıdaki verilen formülden (Dowding, 1985) yararlanılmıştır.

$$PPV = k \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta}$$

PPV : Parçacık hızı, mm/s

K, β : Arazi katsayıları,

R : Patlatma yeri, ölçüm noktası arası mesafe, m

Q : Birim zamanda devreye giren patlayıcı madde miktarı, Kg.

Bu formülden yararlanarak alınan veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve T (yanal), V (düşey), L (boyuna) ve PVS (en yüksek parçacık hızı) değerlerinin her biri için arazi katsayıları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan arazi katsayıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Arazi Katsayıları

Arazi Kat Sayısı	T (mm/s)	V (mm/s)	L (mm/s)	PVS (mm/s)
K	78.417	129.88	85.882	236.25
β	-0.9996	-1.0946	-0.9518	-1.1689

Genellikle %50 güvenilirlikle kullanılan bu eşitlik, ancak korelasyon katsayısının 1'e çok yakın olması durumunda yeterli güvenliği sağlamaktadır. Bu nedenle zemin katsayılarının hesaplanmasında % 95 güvenilirlik denklemleri kullanılmıştır (Erkoç ve Esen, 1998; Bilgin vd., 1999).

5 İZİN VERİLEBİLİR SARSINTI SINIR DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Arazi katsayılarının bulunması sonucunda, birim zamanda ne miktarda patlayıcı madde ateşlenirse hangi mesafede ne büyüklükte bir sarsıntı değeri oluşacağını tespit etmek çok kolaydır. Ancak bu noktada kabul edilebilir sarsıntı üst sınırı olarak hangi değerlerin baz alınacağı tamamen çalışmayı

yapan teknik kişilere kalmaktadır. Ülkemizde patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntısı limitleri hakkında herhangi bir standart bulunmamaktadır. Bu nedenle ülkemizde gerçekleştirilen sarsıntı etüdü çalışmalarında yabancı ülkelerde daha önce belirlenmiş olan sınırlar göz önüne alınmakta ve bu değerlere duruma göre çeşitli güvenilir katsayıları uygulanarak mevcut durum için kabul edilebilir sarsıntı sınır değerleri olarak öngörülmektedir. Bu çalışmada, benzer çalışmalarda yaygın olarak kabul gören ABD Maden İşleri Genel Müdürlüğü Standartları (Siskind vd., 1980) geçerli hasar kriteri olarak kabul edilmiştir. ABD Maden İşleri Genel Müdürlüğü Standartı zeminde izin verilebilir sarsıntı hızlarını 2,5-10 Hz frekans aralığında 12,7 mm/s ve 40-100 Hz frekans aralığında 50,8 mm/s olarak belirlemiştir. Buna göre, çalışma sahasındaki jeolojik yapıların hakim frekans değerleri de göz önünde bulundurulduğunda 12,7 mm/s değerinin eşik hasar dahi oluşturmayacak sınır değer olduğu kabul edilmektedir (Dowding, 1985).

Ancak ülkemizdeki binaların ABD inşaat standartlarına uygun olmadığı gerçeğinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu noktada alınan sarsıntı kayıtları değerlendirilmiş ve Turizm Okulu yönünde ölçülen en yüksek sarsıntı değerinin 5,46 mm/sn olduğu tespit edilmiştir. Gözlenen 5,46 mm/s değeri, ABD standartlarına (USBM RI 8507, 1980) göre eşik hasar dahi oluşturmayacak olan 12,7 mm/s değerinden oldukça küçük olmasına rağmen, patlatmalardan dolayı çevreden şikayetler gelmeye devam etmektedir. *Hakim frekans* değerlerinden bazılarının düşüklüğü de göz önüne alındığında, düşük frekans değerlerinin yapıları rezonansa sokabileceği düşüncesinden hareketle (Dowding, 1992) çevrede yaşayan halkın gerçekten rahatsızlık duymayacağı bir limitin (Siskind vd., 1980) seçilmesi uygun bulunmuş ve bu limit değer 2,5 mm/s olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen arazi katsayıları ve formüller kullanılarak, her bir taşeron için gecikme başına değişen miktarlarda patlayıcı maddenin aynı anda ateşlenmesi sonucu, ilgili taşeronun çalışma sahasına en yakın yapı olan Turizm Okulunda oluşması beklenen sarsıntı değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’de her bir taşeron için ayrı ayrı belirlenen, birim zamanda ateşlenebilecek en fazla patlayıcı madde miktarı ve buna bağlı olarak oluşması beklenen sarsıntı değerleri verilmiştir.

Tablo 3 Taşeron 1 için tahmini sarsıntı değerleri

Tahmini Sarsıntı Değerleri			
Taşeron No	Q (Kg)	R (m)	PPV (mm/s)
1	100	570	2.09
1	150	570	2.5
1	200	570	3.14
1	250	570	3.57
1	300	570	3.97
1	350	570	4.35

Tablo 4 Taşeron 2 için tahmini sarsıntı değerleri

Tahmini Sarsıntı Değerleri			
Taşeron No	Q (Kg)	R (m)	PPV (mm/s)
2	100	700	1.64
2	150	700	2.08
2	200	700	2.46
2	250	700	2.81
2	300	700	3.13
2	350	700	3.42

Tablo 5 Taşeron 3 için tahmini sarsıntı değerleri

Tahmini Sarsıntı Değerleri			
Taşeron No	Q (Kg)	R (m)	PPV (mm/s)
3	100	680	1.7
3	150	680	2.15
3	200	680	2.55
3	250	680	2.91
3	300	680	3.23
3	350	680	3.54

Tablo 3, 4 ve 5 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır.

- Taşeron 1 Turizm Okuluna 570 m mesafede patlatmalar yapmaktadır. Limit sarsıntı değeri olan 2,5 mm/s değerini geçmemek için gecikme başına aynı anda en fazla 150 kg patlayıcı madde patlatılabilir.
- Taşeron 2 turizm okuluna 700 m mesafede patlatmalar yapmaktadır. Limit sarsıntı değeri olan 2,5 mm/s değerini geçmemek amacıyla gecikme başına aynı anda en fazla 200 kg patlayıcı madde patlatılabilir.
- Taşeron 3 turizm okuluna 680 m mesafede patlatmalar yapmaktadır. Limit sarsıntı değeri olan 2,5 mm/s değerini aşmamak için gecikme başına aynı anda en fazla 200 kg patlayıcı madde patlatılabilir.

Diğer bir deyişle, patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntısının okul yönünde 2,5 mm/s’yi geçmemesi için;

- Taşeron 1 aynı anda 150 kg dan fazla patlayıcı,
- Taşeron 2 aynı anda 200 kg dan fazla patlayıcı,
- Taşeron 3 aynı anda 200 kg dan fazla patlayıcı,

patlatmamalıdır.

6 TAŞERON FİRMALARA PATLATMA PATERNİ HAKKINDA ÖNERİLER

Patlatmalardan kaynaklanana sarsıntı miktarının azaltılmasının yanında taşeron firmaların patlatmalarının daha verimli ve ekonomik olabilmesi için aşağıdaki öneriler yapılmıştır;

- Kaçak olarak, ilkel şartlarda gübreden hazırlanan ANFO yerine hazır ANFO kullanılmalıdır.
- 0 numara elektrikli kapsül yerine gecikmeli elektrikli kapsüller kullanılmalıdır.

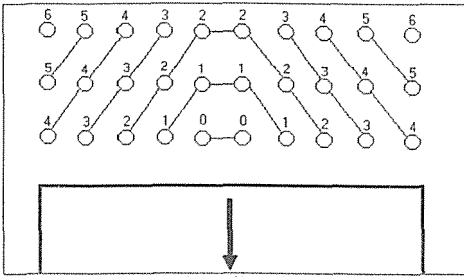
- Gecikmeli elektrikli kapsül numaralarının birim zamanda patlayacak patlayıcı sınır değerini sağlamada yetersiz kalması durumunda elektriksiz kapsüller kullanılmalıdır.
- Mevcut patlatma sisteminde alt delme yapılmadığı için tırnak problemi yaşanmaktadır. Tırnak kalmasını önlemek için 1 m alt delme yaparak delik boyu 7 m'ye çıkarılmalıdır.
- Sıkılama yüksekliği delik-ayna mesafesine eşit alınmalıdır.
- 2 dinamit lokumu yerine infilak duraylılığının sağlanması için 4 lokum kullanılmalıdır.
- Patlatma sistemine ilişkin diğer değişkenler aynen korunmalıdır.

7 TAŞERONLAR İÇİN GECİKMELİ KAPSÜL SAYILARININ TESPİT EDİLMESİ

Taşeronların gecikmeli kapsüllerin sayılarının tespit edilebilmesi ve gecikme numaralarının ayarlanması için ayrıca bir çalışma yapılmıştır. Aşağıda Taşeron 1 için örnek bir hesaplama verilmiştir.

Örnek Hesaplama : (Taşeron 1 için)

- 7 metrelik delik yüksekliğinin 4 metresine ANFO konmalıdır. 1 m. Delik 6 Kg. ANFO, 4 m. Delik 6*4= 24 Kg. ANFO alacaktır.
- 4 dinamit lokumu $0.150 * 4 = 0.6$ Kg.
- Toplam Patlayıcı = $24 + 0.6 = 24.6$ Kg.
- Okul yönünde 2.5 mm/s'den fazla sarsıntı yaratmamak için, aynı anda maksimum 150 Kg. patlayıcı patlatılmalıdır.
- $150/24.6 = 6$ delik aynı anda patlatılabilir.
- Verilen paternde 2 adet 0 no kapsül, 4 adet 1 no kapsül, 6 adet 2 no kapsül, 6 adet 3 no kapsül, 4 adet 4 no kapsül, 4 adet 5 no kapsül, 2 adet 6 no kapsül kullanılacaktır.
- Gecikmeli elektrikli kapsüller kullanılarak aynı anda en fazla 6 deliğin patlaması sağlanmıştır. Şekil 1'de atım grubu ve gecikmeli elektrikli kapsüllerin dağılımı şematik olarak gösterilmiştir. Böylece her bir gecikme başına, bu çalışmada kabul edilen sarsıntı değeri olan 2.5 mm/s sarsıntı hızı aşılmadan patlatmalar yapmak mümkün olmuştur.



Şekil 1. Atım grubunda gecikmeli elektrikli kapsüllerin dağılımı

8 SONUÇLAR

Bu çalışma teorik bir çalışma olmayıp birebir olarak arazide uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Yukarıda çok ayrıntılı olarak açıklanan çalışma yöntemi sonucunda Gaziantep çevre yolu Turizm Okulu yönünde sarsıntı sorunu tamamen ortadan kaldırılmıştır.
- Sarsıntı sorununun ortadan kaldırılması için, elektrikli gecikmeli kapsüllerin kullanılması ve bu kapsüllerde standart olarak sunulan gecikme numaraları sayısı yeterli olmuştur. Ancak gecikmeli elektrikli kapsüllerde sınırlı sayıda gecikme olduğu için daha büyük atımlarda sarsıntı sorununu çözmeye gecikmeli elektrikli kapsüller yetersiz kalacaktır.
- Arazi katsayılarının tespiti için 14 adet ölçüm alınmış ve 14 adet veriden faydalanarak katsayılar hesaplanmıştır. Ne kadar çok ölçüm alınırsa bulunacak arazi katsayılarının doğruluğu o kadar fazla olacaktır.
- Çalışma sonucunda hem taşeron firmaların zarara uğramadan faaliyetlerine devam ederek, önemli bir projede ilerleme sağlanmış, hem de çevrede yaşayan insanların şikayetleri minimize edilmiştir.
- Taşeron firmalar bu çalışma sonrasında hazır ANFO ve gecikmeli elektrikli kapsüller kullanmaya başlamışlardır.
- Bu çalışma için limit sarsıntı değeri 2.5 mm/s alınmıştır. Bu değer tamamen çalışmayı yapan teknik kişilerin öngörülerini doğrultusunda tespit edilmiştir. Bu değerdeki değişime paralel olarak birim zamanda patlatılacak patlayıcı madde miktarı değişecektir. Bu değer in sağlıklı olarak seçildiği hem taşeronların çalışmalarının hızla devam etmesinde hem de çevreden gelen şikayetlerin ortadan kalkmasında anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç, M., 1999, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Binalar Üzerindeki Etkisi ve Büyütme Faktörünün Önemi, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 25-32.
- Dowding, C.H., 1985, Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice-Hall, 297 sayfa.
- Dowding, C.H., 1992, Monitoring and Control of Blast Effects, SME Mining Engineering Handbook, sayfa. 746-760.
- Erkoç, Ö.Y. ve Esen, S., 1998, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Ölçülmesi ve Sarsıntı Ölçer Cihaz Çıktılarının Değerlendirilmesi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s.139-147
- Siskind, D. E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting, RI 8507, United States Department of the Interior, 75 pages.

Kalker Ocağında Patlatma Kaynaklı Yer Titreşimlerinin İstatistik Analizi

F. Cihangir, B. Erçıkıdı, A. Kesimal & O. Durmuş
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, bir kalker ocağında yapılan üretim patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin ruhsat sınırları çevresindeki okul, cami, tarihi eser ve evlere olan etkileri araştırılmış ve bu etkileri ortadan kaldıracak yada en aza indirecek patlatma dizaynının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle kalker ocağında ve çevresinde inceleme ve gözlemler yapılmış, ocak çevresindeki yapılaşma durumu ile yapıların ocak sınırına olan uzaklıkları belirlenmiştir. Kalker ocağında yapılan patlatmaların oluşturduğu titreşim seviyelerini ve etkilerini belirlemek ve değerlendirmek amacıyla bu çalışma boyunca 12.05.2003-14.09.2005 tarihleri arasında ocak çevresinde belirlenen 11 istasyonda nezaret edilen patlatmaların titreşim ölçümü gerçekleştirilmiştir. Yönler bazında gruplandırılan verilerin benzer özellik gösterip göstermediği varyasyon analizi yapılarak 0.05 anlamlılık düzeyinde test edilmiştir. Yönler bazında istatistiksel analizlerde daha yüksek kararlılık katsayıları elde edilmiştir.

ABSTRACT: In this study, the effects of blast-induced vibrations performed at a limestone quarry were searched in terms of the potential impacts on the school, mosque, historic place and village houses and aimed to improve a blast design to minimize or eliminate these effects. In the scope of the study, some investigation and observation were performed, construction techniques of the structures were searched and the distances of the buildings nearby the limestone quarry were determined. The data were taken to determine the degree of the effects of the ground vibrations on structures during the period of 12.05.2003-14.09.2005 at 11 locations designated initially. Then the data were grouped and subjected to multi variate analyses of variance to investigate if the measurements were similar for all directions or not in the basis of the directions for 0.05 significance level. Higher coefficients of determination were obtained when the data compared for each blast side.

1 GİRİŞ

Yer sarsıntısı patlatmalı kazı işlemlerinin doğal bir sonucudur. Araştırmacılar patlatmalı kazı sırasında patlayıcı madde enerjisinin sadece %20 ila 30'unun verimli bir şekilde kaya kütlelerini kırmada kullanıldığını belirtmektedirler (Kahriman, 2006). Patlayıcı enerjisinin geri kalan kısmı ise buldukları çatlak ve boşluklardan havaya veya kaya ortamında titreşim dalgaları olarak yayılarak patlatma sahasından çok uzak noktalara ulaşabilmektedir. Patlatmalı kazılardan oluşan diğer olumsuz etkiler ise gürültü, toz ve kaya fırlamalarıdır. Ancak günümüzde kontrollü patlatma tekniği ile bu tür çevresel problemler izin verilen limitlere çekilebilmektedir. Patlatma kaynaklı yersarsıntılarının önceden tahmin edilmesinde, ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızı tahmininin en iyi ampirik yaklaşım olduğu kabul edilmektedir (Aldas ve Bilgin, 2004; Esen ve Bilgin, 2001; Glass ve

Charles, 2001; Kuzu ve Ergin, 2005). Ölçümler sonucu elde edilen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin (en az 30 veri) istatistiksel analiz sonucunda kararlılık katsayısı (r^2) değerinin en az 0.7 olması gerektiği belirtilmektedir (Erçıkıdı, 2004).

Ölçülen maksimum parçacık hızları ile ölçekli mesafe arasındaki ilişkiden ortaya çıkan ve üssel fonksiyon eşitliğinden hesaplanan k ve β saha sabitleri zemin koşullarına göre farklı değerler alabilmektedir. Bunun başlıca nedenleri olarak; jeolojik süreksizlikler, patlayıcı özellikleri ve miktarı, ateşleme yönü, patlatma geometrisi ve gecikme aralığı vb. gibi nedenler gösterilebilir. Dolayısıyla homojen ve izotrop bir kaya ortamında yapılan patlatma sonucu oluşan yer sarsıntıları bütün yönlerde aynı derecede yayılırken, heterojen ve anizotrop özellik gösteren jeolojik ortamlarda farklı yayılım özellikleri göstermektedir (Cihangir vd., 2005; Kesimal vd., 2006).

Bu çalışmada, sahada gerçekleştirilen parçacık hızı unsurları ve ölçekli mesafe veri çiftlerinden oluşan yersarsıntısı ölçüm sonuçları yönler bazında regresyon analizine tabi tutularak, kontrollü patlatma tasarımlarında gerekli olacak saha sabitleri belirlenmiştir.

2 ÇALIŞMA SAHASI VE ÖZELLİKLERİ

Karadeniz Bölgesi genel olarak üst kretase volkanik fasiyesi, andezitik ve bazaltik lavlardan, volkanik tüf ve aglomeradan oluşan kalın bir örtü halindedir. Eosen volkanik fasiyesinde kil, marn ve kalkerler, volkanik tüf, aglomera ve lavlarla değişen kalınlıkta tabakalar halinde bulunurlar. Adeseler halindeki kalkerler genellikle dolomitik yapıdadır. Pliosen'in karasal oluşumları ise, sahil boyunca alüvyon depoları halinde bulunur. Taşönü kalker ocağı hammadde sahası (Şekil 1) genellikle marn, marnlı kalker, kalker ve travertenden oluşmakta olup, bazı bölgelerde karstik boşlukların bulunduğu, ayrıca bölgede eskiden manganez madeninin galeri açılarak işletildiği bilinmektedir.

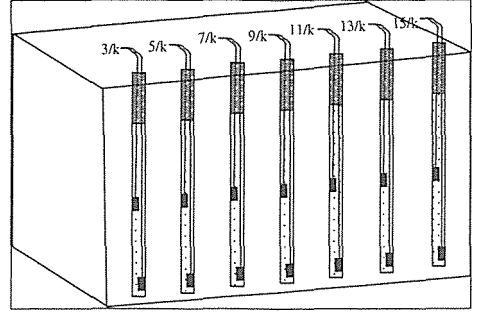


Şekil 1. Taşönü kalker ocağının görünümü

Ocakta kazı işlemleri dikey delikli delme-patlatma yöntemi ile gerçekleştirilmekte olup toplam 6 adet üretim basamağı bulunmaktadır. Yeraltı su seviyesi yağışlarla birlikte yükselmekte ve ocağın en alt basamağı olan 5 ve 6. basamaklarda atım öncesinde delikler içinde yaklaşık 1-3 m arasında su seviyesi görülmektedir. En alt basamak taban kotu ortalama 75 m, en üst basamak kotu ortalama 145 metredir.

Patlayıcı madde olarak AN-FO ve Emulite 100 kullanılmakta ve patlatma işlemleri elektrikli kapsüllerle gecikmeli ve gecikmesiz olarak gerçekleştirilmektedir. Basamak atımlarında delik boyları 6 m, sıkılama miktarı 1.5-2 m ve kapsül gecikme aralıkları 60 milisaniye olarak

uygulanmaktadır (Şekil 2). Ocakta yapılan atımların özgül şarjları ortalama 0.783 kg/m^3 , delik başına ortalama şarj 24 kg, özgül delme 0.204 m/m^3 'tür.



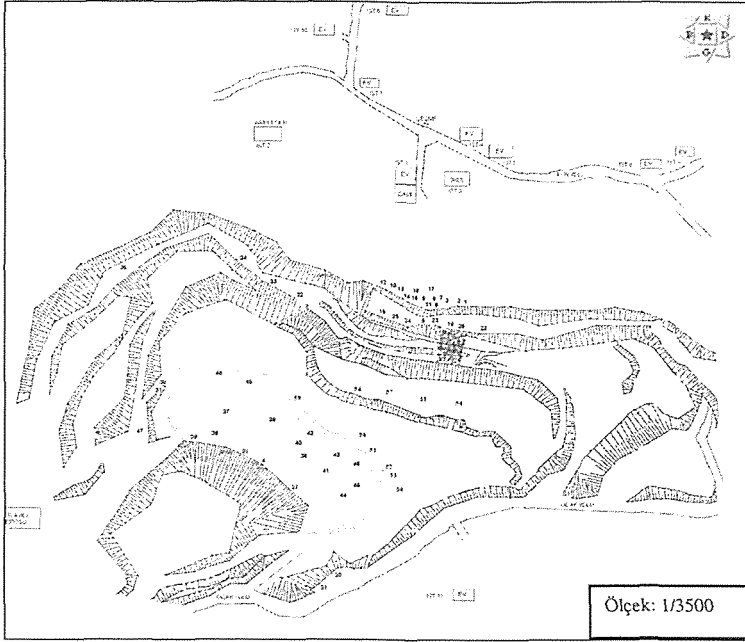
Şekil 2. Ocakta uygulanan patlatma paterni

3 YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kalker ocağında 59 adet patlatmaya eşlik edilerek toplam 73 adet titreşim bileşenleri ve hava şoku ölçümü gerçekleştirilmiş olup bu ölçümlerin bir kısmına ait veriler (maksimum parçacık hızı, frekans, hava şoku, yer değiştirme ve ivme, gecikme başına düşen en fazla patlayıcı madde miktarları ve ölçekli mesafe (SD) Tablo 1'de sunulmuştur. Şekil 3'de çalışılan basamaklar ile ölçüm alınan istasyon ve atım yapılan noktalar gösterilmiştir.

Toplam 73 adet ölçümün 23 tanesi İstasyon 1'de, 18 tanesi İstasyon 2'de, 16 tanesi İstasyon 3'te, 7 tanesi İstasyon 11'de ve kalan 9 ölçüm ise diğer istasyonlarda alınmıştır. İstasyon 1, 2 ve 3'de alınan toplam 57 adet ölçüm için yönler arasında veri benzerliği bakımından herhangi bir fark olup olmadığı belirlenmeye çalışılmış ve bunun için tek yönlü çok değişkenli 0.05 anlam düzeyinde varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizinde kullanılan hesaplama ve formüller Tablo 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

0.05 anlamlılık düzeyinde yapılan varyans analizi neticesinde Tüysüz ve Yaylalı (2005)'den $F_{hesap} > F_{tablo}$ sonucu elde edilmiştir. Dolayısıyla yönler bazında elde edilen veri gruplarından en az bir tanesinin diğerinden farklı olduğu ve her bir veri grubu ayrı ayrı ele alınarak analiz yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Daha sonra 57 adet ölçüm sonucu için yönler bazında üs fonksiyonuna göre ayrı ayrı regresyon analizi yapılmış ve patlatma tasarımlarında gerekli olacak saha sabitleri (K ve β) belirlenmiştir (Tablo 5). Kalan 16 ölçüm sonucu çok değişik istasyonlarda yapıldığı ve veri sayısı istasyon bazında yetersiz olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 3. Kalker sahasında yapılan atımların yerleri ve ölçüm istasyonlarının görünüşü

Tablo 1. Yapılan atımlara ait ölçüm sonuçları

Ölçü m No	Maks. Pürçakçık Hızı (mm/sn)	Yer titreşim Frekans (Hz)	Maks. Hava Şoku (dB)	Hava Şoku Frekans (Hz)	Maks. Yer Değişirme (mm)	Maks. İvine (g)	Geç. Baş. Top. Pat. (kg)	Top. Pat. (kg)	Uzaklık (R) (m)	Ölçü Mesafe (SD) R/W ^{1/2}	Ölçüm İst.	Atım Basamağı
1	14.1	16	110.2	9.3	0.140	0.159	51.4	257	118	16.46	1	1
3	12.4	18	125.1	10	0.137	0.199	52.6	263	99	13.65	3	1
5	17.4	19	123.3	10	0.159	0.199	59	177	120	15.62	1	2
6	20.1	23	117.5	7.1	0.167	0.212	53	318	107	14.69	1	1
15	18.7	23	132.4	7.6	0.168	0.225	136.5	136.5	131	11.22	1	2
24	23.9	17	113.8	18	0.246	0.265	25.75	151	109	21.69	1	2
25	16.0	21	116.6	7	0.120	0.225	52.25	261.25	107	14.80	1	2
30	3.56	22	118.7	6.9	0.064	0.106	26.5	132.5	185	35.94	2	4
31	4.44	43	114.6	9.1	0.020	0.265	36.5	219	190	31.45	2	4
34	9.27	25	117.9	10	0.0808	0.107	26.5	132.5	80	15.54	2	3
35	10.7	28	127	19	0.0918	0.203	26.5	106	85	16.51	2	3
36	0.78	60	103	18	0.0017	0.0133	56	308	241	32.20	2	5
38	0.98	95	111.2	11	0.0023	0.0265	52.80	317	249	34.26	3	5
40	0.81	73	116.1	7	0.0045	0.0265	52.50	210	241	33.26	3	5
41	2.03	23	109.5	5.3	0.0211	0.0265	52.50	236.25	256	35.33	3	5
44	0.76	34	112.3	1.5	0.0067	0.0265	27.25	190.75	280	53.64	2	5
47	1.97	43	108.4	8.1	0.0249	0.079	23.00	138	300	62.55	1	4
48	2.05	98	118.3	8	0.00174	0.026	23.00	138	198	41.28	2	5
49	0.76	27	104.9	11	0.0107	0.026	11.67	70	219	64.11	1	5
52	1.27	9.1	118	4.9	0.0202	0.0398	45	270	238	35.48	3	6
53	3.05	23	113.8	3.9	0.0247	0.0530	47	235	245	35.74	1	6
54	1.14	22	116.8	3.4	0.0107	0.0398	47	235	248	36.17	2	6
55	1.10	19	114	3.1	0.0134	0.0215	47	235	236	34.42	3	6
57	2.16	57	113.5	4.3	0.0158	0.0663	37.5	300	230	37.56	2	4
59	4.95	20	116.6	5.2	0.0396	0.0928	33	165	191	33.25	1	4
62	2.92	28	117.4	5.4	0.0222	0.0663	40	200	184	29.09	1	4
63	0.889	24	117.7	5.1	0.00881	0.0265	40	200	204	32.26	2	4
68	4.06	17	121.3	7.5	0.0444	0.0663	50	300	227	32.10	1	5
69	2.67	26	123.3	7.6	0.0200	0.0795	50	300	236	33.38	2	5
70	2.29	11	119.9	8.3	0.0340	0.0530	50	300	216	30.55	3	5
73	1.65	9.3	123.5	4.8	0.0265	0.0398	43	215	205	31.26	3	6

Tablo 2. Yönlere bazında ölçülen parçacık hızı unsurları ve varyans analizinde kullanılacak hesaplamalar

İst. 1. (X_1)	İst. 2. (X_2)	İst. 3. (X_3)	X_1^2	X_2^2	X_3^2
14,1	5,84	12,4	198,81	34,101	153,76
17,4	2,29	9,91	302,76	5,244	98,208
20,1	0,64	2,67	404,01	0,41	7,129
31,9	3,56	0,98	1017,61	12,674	0,96
40,1	4,44	1,14	1608,01	19,714	1,3
18,7	5,21	0,81	349,69	27,144	0,656
26,9	9,27	2,03	723,61	85,933	4,121
20,3	10,7	0,302	412,09	114,49	0,091
23,9	0,78	1,27	571,21	0,608	1,613
16	0,76	1,1	256	0,578	1,21
7,37	2,05	2,79	54,317	4,203	7,784
6,98	1,14	2,29	48,72	1,3	5,244
5,97	1,14	2,41	35,641	1,3	5,808
3,05	2,67		9,303	7,123	
10	1,4		100	1,96	
4,95			24,503		
4,44			19,714		
4,06			16,484		
$\Sigma X_1=286,19$	$\Sigma X_2=56,339$	$\Sigma X_3=46,332$	$\Sigma X_1^2=6174,799$	$\Sigma X_2^2=324,198$	$\Sigma X_3^2=301,095$

Tablo 3. Varyans analizi hesaplamalarında kullanılacak ana formüller tablosu

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin Ortalaması	F Testi
Örnekler arası değişim	SS_A	$m-1$	$MS_A=SS_A/m-1$	$F_{hesap}=MS_A/MS_W$
Örnek içi değişim	SS_W	$N-m$	$MS_A=SS_W/N-m$	
Toplam	SS_T	$N-1$	$MS_T=SS_T/N-1$	

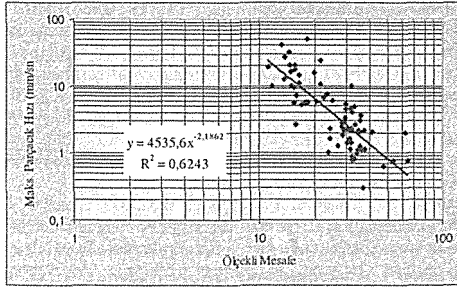
Tablo 4. Varyans analizi hesap tablosu

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Karelerin Ortalaması	F Testi
Örnekler arası değişim	$SS_A = \sum [(\Sigma X_1)^2/n_1 + (\Sigma X_2)^2/n_2 + (\Sigma X_3)^2/n_3] - [(\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \Sigma X_3)^2/N]$ $=1187,401$	$m-1=2$	$MS_A=SS_A/m-1$ $=593,7$	$F_{tablo}=3,174$ $F_{hesap}=MS_A/MS_W=7,73$ SONUÇ: $F_{hesap} > F_{tablo}$
Örnek içi değişim	$SS_W = \sum (\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2 + \Sigma X_3^2) - [(\Sigma X_1 + \Sigma X_2 + \Sigma X_3)^2/N]$ $=4147,235$	$N-m=54$	$MS_W=SS_W/N-m$ $=76,801$	
Toplam	$SS_T = SS_A + SS_W$ $=5334,635$	$N-1=56$	$MS_T=SS_T/N-1$ $=95,261$	

Tablo 5. Regresyon analizi yapılan atım grupları için parçacık hızı ve ölçekli mesafe veri çiftleri arasındaki ilişki

	Maksimum parçacık hızı (PPV) ve ölçekli mesafe (SD) veri çiftlerine göre saha sabitleri	
	K	β
Yapılan tüm atımlara ait ölçümlerin istatistiksel analizi	K	4535.6
	β	-2.1862
	r^2	0.6243
Ölçümü istasyon 1'de (cami) gerçekleştirilen atımların istatistiksel analizi	K	3800.4
	β	-1.9661
	r^2	0.8049
Ölçümü istasyon 2'de (tarhi eser) gerçekleştirilen atımların istatistiksel analizi	K	1894.9
	β	-1.9875
	r^2	0.6612
Ölçümü istasyon 3'te (okul) gerçekleştirilen atımların istatistiksel analizi	K	1823.7
	β	-2.0725
	r^2	0.691
Parçacık Hızı = $KxSD^{-\beta}$, (r^2 : Kararlılık katsayısı)		

Tablo 5 incelendiğinde 73 adet ölçüm için parçacık hızının maksimum bileşeninin kararlılık katsayısı (r^2) değerinin baz alınan 0.7'den nispeten (0.6243) küçük olduğu görülmektedir. Bunun; sahanın jeolojik yapısından ve atımların farklı basamaklarda yapılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ocağın geneli için maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasındaki ilişkinin logaritmik ölçekte grafik gösterimi de yine noktaların dağılımını da ifade edecek şekilde aşağıda sunulmuştur (Şekil 4). Bu yüzden atımlardaki muhtemel titreşim değerlerinin ölçme ekipmanına gerek olmadan belirli güvenilirlikte belirli bir zaman için önceden tahmin etmenin ocak geneli için geliştirilen eşitliğe göre sağlıklı sonuçlar vermesi olasılığı orta düzeydedir.



Şekil 4. Maksimum parçacık hızı-ölçekli mesafe arasındaki ilişki

İstasyonlar bazında yapılan istatistiksel analizler sonucunda ise kararlılık katsayıları sırasıyla 0.8045, 0.6612 ve 0.691 olarak elde edilmiştir. İstasyon 1 yönünde elde edilen kararlılık katsayısının diğerlerine göre daha yüksek olmasının nedeni daha

fazla veri olmasından kaynaklanmaktadır. Veri sayılarının artması durumunda daha yüksek kararlılık katsayısı elde edilebilir. Atımların farklı basamaklarda olmasına rağmen, kararlılık katsayılarının yönler bazında nispeten yüksek çıkmasını; açığa çıkan titreşimlerin yayılımı esnasında benzer jeolojik formasyondan geçerek ölçüm noktasına ulaşmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu yüzden patlatmalar sonucu açığa çıkan titreşimleri önceden tahmin etmede ocak genelini için elde edilen eşitlik yerine, istasyonlar bazında elde edilen eşitliklerin kullanılmasının daha sağlıklı (yönlere göre) sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır.

3.1. Maksimum Parçacık Hızının İstasyonlar Bazında Değerlendirilmesi

Titreşim dalgalarının farklı ortamlardan geçerken farklılık arz etmesi nedeniyle, açık işletme metodunun uygulandığı ve patlatmalı kazı ile üretim yapan ocaklarda, atım noktalarının ve yönlerinin kesinlikle dikkate alınması gerektiği ve parçacık hızının tahminine yönelik olarak yönler bazında eşitliklerin geliştirilmesi ve atım paternleri oluşturulurken bu eşitliklerden yararlanılması çevresel açıdan hem rahatsızlıkların oluşma seviyesini hem de olası hasar risklerini en aza indirmek bakımından gereklidir.

Aşağıda 3 farklı istasyon için elde edilen ve tüm ocak için elde edilen genel eşitlikler kullanılarak hesaplanan PPV değerlerinin, ölçüm cihazı ile ölçülen değerler arasındaki ilişki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. İstasyon no 1 ve ocak geneli için elde edilen eşitlikler kullanılarak hesaplanan değerlerin titreşim ölçer cihazı ile elde edilen değerler ile karşılaştırılması.

Ölçüm No	Ölçüm İstasyonu	Cihazla Ölçülen Maks. PPV	Ocağın Genel eşitliğine göre PPV	İst.1'de geliştirilen eşitliğe göre PPV
1	İst. 1	14,1	9,94	15,43
5	İst. 1	17,4	11,14	17,09
6	İst. 1	20,1	12,73	19,27
13	İst. 1	31,9	12,99	19,63
14	İst. 1	40,1	15,80	23,41
15	İst. 1	18,7	23,0	32,81
18	İst. 2	5,84	6,13	4,67
22	İst. 2	2,29	4,21	3,32
29	İst. 2	0,64	0,98	0,88
30	İst. 2	3,56	1,80	1,53
31	İst. 2	4,44	2,41	2,0
33	İst. 2	5,21	9,43	6,91
3	İst. 3	12,4	14,96	8,1
19	İst. 3	9,91	20,64	10,98
37	İst. 3	2,67	10,83	5,96
38	İst. 3	0,98	2,0	1,20
39	İst. 3	1,14	2,37	1,41
40	İst. 3	0,81	2,13	1,28

Tablo 6'da incelendiğinde görüldüğü gibi tüm atımlar için ölçülmüş değerler ile formülle tahmin edilmiş değerler arasındaki hata payında farklılıklar görülmektedir. Dolayısıyla tüm atımlar için geliştirilen genel eşitlik kullanılarak benzer atımlardaki muhtemel titreşim değerleri ölçme ekipmanına gerek olmadan belirli güvenilirlikte belirli bir zaman için tahmin edildiğinde gerçekleşen değer ile çok farklı sonuçlar vereceği açıktır. İstasyonlar bazında incelendiği zaman ise ortalama hata değerinin ocak geneline göre istatistiksel açıdan kabul edilebilir derece düşük ve daha güvenilir sonuçlar vereceği görülmektedir.

4 SONUÇLAR

Günümüzde patlatmadan kaynaklanan çevresel problemlerin çözümüne yönelik olarak yer sarsıntılarının tahmin ve kontrolü halen büyük önem taşımaktadır. Ayrıca optimum patlatma koşulları belirlenirken teknik, ekonomik, emniyet ve çevresel açılardan yer sarsıntısı düzeylerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Araklı Taşözü kalker ocağında yapılan patlatmalardan açığa çıkan maksimum parçacık hızının önceden tahmin edilmesine yönelik olarak elde edilen 73 adet ölçüm için regresyon analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerin neticesinde yönler bazında daha yüksek kararlılık katsayıları elde edilmiştir. Bundan sonra ocakta yapılacak atımlardan açığa çıkacak olan maksimum parçacık hızlarının yönler bazında geliştirilen eşitlikler kullanılarak tahmin edilmesi ocak geneli için elde edilen eşitliğe göre daha güvenilir ve sağlıklı olacaktır. Ayrıca elde edilen

eşitliklerin ocağın farklı yönlerine göre de yeterli sayıda veri ile geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aldaş, G.G.U. and Bilgin, H.A., 2004, Effect of some rock mass properties on blasting-induced ground vibration wave Characteristics, CIM Bulletin, 97 (1079), 52-59.
- Cihangir, F., Kesimal, A., Ercikdi, B., Durmuş, O., 2005, Analysis of Blast-Induced Vibrations at a Limestone Quarry, Proceedings of the 5th International Conference SGEM 2005, Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, Varna, Bulgaria, pp. 287-298.
- Ercikdi, B., 2004, Araklı Taşözü Kalker Ocağında Yapılan Atımların Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,
- Esen, S ve Bilgin, H.A., 2001, Evaluation of blast vibrations from Sekköy surface coal mine in Turkey, Proceedings of 27th Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques, ISEE, Orlando, Florida, USA, 313-327.
- Glass, E. Charles, D., 2001, The influence of seismic events on slope stability, Slope Stability in Surface Mining, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc, (SME), 89-96.
- Kahriman, A., 2006, Environmental impacts of bench blasting at Hisarcık Boron open pit mine in Turkey, Environmental Geology, In press.
- Kesimal, A., Cihangir, F., Ercikdi, B., 2005, Trabzon İli, Beşikdüzü İlçesi, Korkuthan Taşocağında Yapılan Patlatmalı Kazıların Oluşturduğu Yer Titreşimlerinin Bayırköy ve Civarında Heyelan Oluşumuna Etkisinin İncelenmesi, Limak-Kolin Adi Ortaklığı, KTÜ, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Döner Sermaye Projesi, Trabzon.
- Kuzu, C, Ergin, H., 2005, An assesment of environmental impacts of quarry-blasting operation: A case study in --İstanbul, Turkey, Environmental Geology, 48(2), 211-217.
- Tüysüz, N., Yaylalı, G., 2005. *Jeoistatistik Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar*, KTÜ Matbaası, Genel Yayın No: 220. Trabzon.

Madencilik ve Sanayi Faaliyetleri Sonucu Oluşan Titreşimlerin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetim Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi: Örnek Uygulama

A.H. Onur, G. Konak & D.Karakuş

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/TÜRKİYE

ÖZET: Maden ve taş ocakları ile benzeri üretim faaliyetleri, üretim teknolojilerine bağlı olarak çevresel titreşime neden olmakta ve çeşitli nedenlerden kaynaklanan şikayetlere maruz kalmaktadır. Şikayetlerin incelenmesi amacıyla ülkemizde eksikliği duyulan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 01.07.2005 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu çalışmada Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin 5. bölümünde Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri başlığı altında Yerleşim Alanlarında Çevresel Kaynaklar için titreşim kriterleri tartışılmıştır. Aynı yönetmelikte verilen 3 farklı titreşim metoduna göre titreşim ölçümleri alınmış ve sonuçları burada sunulmuştur.

ABSTRACT: Mining and quarrying activities cause environmental vibration depending on the production technologies and therefore are exposed to several complaints. In order to present these complaints Regulation of Environmental Noise Management has been implemented on 01.07.2005. In this study, vibration criteria regarding environmental sources at settlements which is in section 5 of this regulation have been discussed. Vibration measurement have been taken according to 3 different vibration methods given in the regulation and the consequences have been presented.

1 GİRİŞ

Önceleri yerleşim birimleri dışında olan maden ocakları ve şehirlerin yerleşim birimlerinden uzak bölgelerine kurulan sanayi bölgeleri, son yıllarda artan şehirleşme sonucu, üretim faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel etkiler nedeniyle şikayetlere maruz kalmaya başlamışlardır. Şikayetler nedeni çeşitli olabilir de şikayet edilen konuların başında üretim amacıyla yapılan faaliyetlerden kaynaklanan vibrasyonlar gelmektedir. Şikayetlerin nedenleri gerçek ya da psikolojik olabilir de ekonomik ve emniyetli bir üretim yapılabilmesi için bu şikayetlere konu olan nedenlerin giderilmesi gerekmektedir (Onur, vd., 2003).

Sorunun çözülmesi amacıyla uzun yıllar araştırmalar yapılmış ve hasar kriterinin belirlenmesine yönelik, farklı ülkeler kendi yapı koşullarını içeren standartlar geliştirmişlerdir. Türkiye'de konuyla ilgili 01.07.2005 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği" ile üretim faaliyetlerinden

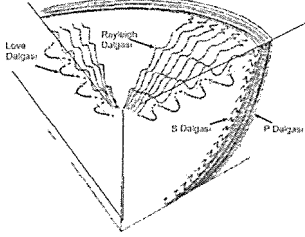
kaynaklanan titreşimler için sınır titreşim değerleri verilmiştir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin 29. maddesinde a, b ve c bentlerinde titreşimler kaynaklarına ve tiplerine göre sınıflandırılmış ve hasar limitleri bu sınıflandırma esas alınarak belirlenmiştir.

Madenler ve taşocaklarında yapılan patlatmaların neden olduğu titreşimler bu konudaki şikayetlerin başında gelmiş, araştırmacılar tarafından deneysel ve teorik farklı yaklaşımlar literatüre geçmiştir. Bu konudaki çalışmaların çokluğu nedeniyle Çevresel titreşimin değerlendirilmesi yönetmeliğinde, tarif edilen farklı titreşim kaynaklarının değerlendirilmesinde de patlatmadan kaynaklanan titreşimler konusunda geliştirilen temel ilkeler baz alınmıştır.

Bu çalışmada otoyol çalışması nedeniyle yapılan patlatmanın neden olduğu titreşim ve bir dövme çelik fabrikasında serbest düşmeli çekiçlerle yapılan üretim faaliyeti esnasında preslerin neden olduğu titreşimin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde tanımlanan şekilde ölçümleri alınmış ve sonuçları tartışılmıştır.

1.1 Yer Sarsıntısının Teorisi

Herhangi bir kaynaktan oluşturulan çok dalgası yüzey içinde sismik dalgalar şeklinde ve tüm yönlere yayılır. Bir kaynaktan yayılan bu şekildeki sismik dalgalar formasyonun derinliklerine ulaşabildikleri gibi yüzeyde yayılan çeşitleri vardır. Formasyonun derinliklerine yayılan dalga türleri P ve S dalgası olarak sınıflandırılır ve gövde dalgaları ismi verilir (Şekil 1). Kayaç yapısında bulunan çok sayıda katmanlar, süreksizlikler yansıma ve kırılma odakları oluşturarak yüzey dalgaları olarak isimlendirilen sismik dalgaların oluşmasına neden olur. Jeolojik yapıya bağlı olarak oluşan yüzey dalgaları çok çeşitli olmasına rağmen temel olarak iki yüzey dalgası tarif edilmektedir. Geriye bastırılmış eliptik şekilde hareket veren Rayleigh dalgasının uzunlamasına ve düşey ekseninde bileşenleri bulunur. Yanlamasına polarize olabilen Love dalgalarının sadece uzunlamasına ve yanlamasına ekseninde bileşenleri vardır ve tavanda, tabanda iyi yansıma koşulları olan katmanlarda oluşmaktadır (Erkoç, 1998).



Şekil 1. Herhangi bir kaynaktan yayılan titreşim dalgaları

1.2 Yer Sarsıntısının Ölçümü

Bir kaynaktan yayılan sismik dalganın elemanları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Dalga yayılma hızı (m/sn)
- Kütle Hızı (partikül hızı) (mm/sn)
- İvme (mm/sn^2)
- Frekans (Hz)
- Deplasman (mm)

Dalga hızı kayaçların fiziksel ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak değişmez bir elemandır ve hasar kriterlerinin belirlenmesinde kullanılmaz. Yer sarsıntısının ölçümü amacıyla üretici firmalar tarafından sarsıntı ölçer cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar titreşimin uzunlamasına, yanlamasına ve dikey yönde olmak üzere üç ayrı ekseninde partikül hızı, frekansı, ivmesi, deplasman ve zaman aralığı ölçülebilmektedir. Ayrıca üç ayrı eksendeki dalga formu kayıt edilebilmektedir. Alınan titreşim kayıtları oluşan bütün dalga formlarını içerebilmektedir. Bu dalga formlarının birbirinden ayrılması filtre edilmesi oldukça zor ve uzmanlık

gerektiren bir konudur. Herhangi bir kaynaktan titreşim yaratıldıktan sonra kayıt noktasına yüksek hızları nedeniyle P ve S dalgaları ulaşır. Daha sonra P ve S dalgalarının oluşturduğu Love veya Rayleigh dalgaları oluşur.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde çevresel titreşim : "Maden ve taş ocakları, ulaşım araçları (ağır taşıtlar, lokomotifler ve diğerleri), sanayi ve inşaat makine ve benzeri işlemlerinden doğan ve yapılarda kullanım alanı dışında başka amaçlarla kullanılan hacimlerdeki faaliyetler sırasında oluşan genellikle katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılan ve insan vücudunca hissedilen mekanik salınım hareketleri" olarak tarif edilmiştir. Ayrıca "Titreşimin ölçümü üç yönde yapılarak bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür" ibaresi yer almaktadır.

Buna göre üretici firmalar tarafından imal edilen cihazlar yönetmelikte istenilen titreşim ölçümü şartlarını sağlamakla beraber istenilen bazı değerlerin bulunması titreşim ölçümlerinin sayısal analizlerini yapan yazılımlar sayesinde mümkündür. Ancak üretici firmalar tarafından imal edilen cihazlar kütle hızı ölçerlerdir ve çıktılarda verilen ivme, deplasman değerleri kütle hızının matematiksel olarak çevrilmesinden elde edilir. Bir yaklaşım olarak herhangi bir ekseninde maksimum partikül hızının olduğu anda diğer eksenlerdeki partikül hızları değerleri kullanılarak bileşke partikül hızı bulunmaktadır. Bu durumda sayısal olarak yanıtıcı değerler elde edilebilse de emniyetli bölgede kalındığı için şikayetleri değerlendirmede büyük yarar sağlar (Erkoç, 1998).

2 ÇEVRESEL GÜRÜLTÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNETİMİ YÖNETMELİĞİ

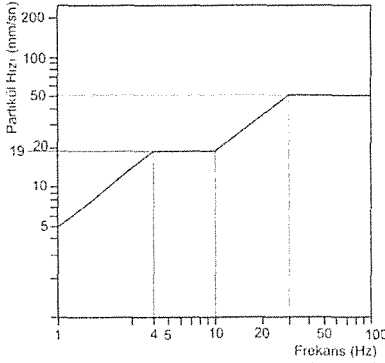
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 01/07/2005 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin 5. bölümünde Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri başlığı altında Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri tarif edilmiştir.

Yönetmelikte titreşimlerin hasar kriterleri verilirken titreşim kaynaklarına göre sınıflanmış ve buna göre hasar limitleri farklı verilmiştir. Yönetmeliğin 29. maddesinin a bendinde Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunan alanlardaki pailamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo 9'da verilen değerleri geçemez ve ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür."

denilmektedir. Ayrıca titreşim ölçümünde frekans değerlerine karşılık gelen titreşim değerleri, 1 Hz- 4 Hz arasında 5 mm/s'den 19 mm/s'ye; 10 Hz- 30 Hz arasında 19 mm/s'den 50 mm/s'ye , logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak yükselmelidir (Şekil 2). Ölçümlerde titreşim ölçer cihazın jeofonu, titreşim kaynağı ile bina arasında zemine uygun yere tam olarak sabitlenmeli zemin ile jeofon arasında titreşim değerlerini etkileyecek herhangi bir boşluk bırakılmamalıdır. Yönetmelikte öngörülen Tablo 9, Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği Tablo 9 (Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlatma Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri)

Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50



Şekil 2. Partikül hızı-frekans sınır değerleri (29/a maddesinde tarif edilen esaslara göre)

Yönetmeliğin bu maddesinde verilen sınır değerler bu konuyla ilgili geçmişte yapılan araştırmalarla uyum sağlamakta ve özellikle diğer ülkelerde bu konuyla ilgili verilen sınır değerler ile paralellik göstermektedir. Ancak maden ve taşocakları ve benzeri alanlarda patlatma nedeniyle oluşan titreşimlerin bir ölçüm yapılarak yönetmelikte verilen sınır değerleri ile kıyaslanması hatalı olabilir. Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin detay analizleri yapılmalı patlayıcı madde, mesafe ve bileşke partikül hızı arasındaki ilişki gözönünde bulundurulmalıdır.

Yönetmeliğin b maddesinde tarif edilen titreşim, patlatmaya göre daha az enerjisi olan, mekanik makinelerden kesikli ve sürekli olarak yaratılan titreşim tipleri için verilen sınır değerlerdir. Yönetmeliğin b maddesinde "İnşaatlarda kazık çakma ve benzeri titreşim yaratacak operasyonlar ile ağır inşaat makinelerinin neden olacağı

titreşimlerin çevrelerindeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo da verilen değerleri geçmez. Ölçümler, üç yönde yapılır ve bunların en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür." ibaresi yer almaktadır. Bu titreşimlerin incelenmesi ve ölçülmesi esas olarak ilgili yönetmeliğin (a) maddesinde verilen patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin incelenmesine benzetilmektedir. Ancak bu titreşimler patlatmaya göre daha az enerjiye sahip olmaları nedeniyle sadece izin verilen en yüksek titreşim hızı baz alınarak, sürekli ve kesikli olarak sınıflandırılmış, bunun yanında frekansın 1-80 Hz arasında olduğu öngörülmüştür. Ayrıca yönetmelikte, sürekli ve kesikli olarak sınıflanan titreşimler yerleşim bölgeleri ile sanayi ve ticaret bölgeleri sınır değerleri verilerek bölgesel olarak sınırlanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği Tablo 10 (İnşaatlarda Kazık Çakma ve Benzeri Titreşim Yaratan Operasyonların ve İnşaat Makinelerinin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri) (1 Hz- 80 Hz arasındaki frekans bantlarında)

İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)	Sürekli Titreşim		Kesikli Titreşim	
	Yerleşim Bölgelerinde		Sanayi ve Ticari Bölgelerde	
5	5	10	15	30

Yönetmeliğin c maddesi, ilk iki madde dışında kalan ve sürekli olan titreşimleri sınıflandırmış ve sınır değerler verilmiştir. Buna göre yönetmelikte c maddesi "Konut ve ofis olarak kullanılan binalarda, makine ve teçhizatın (elektrik motoru, pompa, fan ve benzeri) neden olacağı titreşimler Çizelge 3' de verilen sınır değerlerini geçemez. Bu değerlerin üzerinde titreşim yaratan makine ve teçhizat için, başta titreşim yalıtımı olmak üzere gerekli teknik önlemler alınarak, binada ölçülen titreşimlerin sınır değerlerin altına indirilir. Titreşim ölçümü titreşimin en fazla olduğu odada ve noktada üç yönde yapılır ve en yüksek değer esas alınır. (Binaların yakınından geçen demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları ile, yerleşim bölgesi yakınındaki sanayi tesislerinin binalarda yaratacağı titreşimler için de bu sınır değerleri kullanılır.) Titreşimler 1/3 oktav bantlarında rms değeri olarak ölçülür." olarak tarif edilmiştir. Diğer iki maddede tarif edilen titreşim ölçüm yönteminden farklı olarak bu maddedeki titreşim ölçümü titreşimin en fazla olduğu odada ve noktada üç yönde yapılması ve sınır değer olarak frekans değerlerine karşı en yüksek titreşim hızı değerleri rms olarak verilmiştir. Yönetmelikte verilen Çizelge 3'de verilmiştir.

Bu maddede verilen titreşimin rms değeri yönetmelikte "Belirli bir zaman aralığında ölçülen titreşim değerlerinin karelerinin ortalamasının kare kökü" olarak tarif edilmiştir. Bu tanıma göre titreşimin rms değeri aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$rms = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n i^2}{n}} \quad (1)$$

Burada i : belirli bir zamanda ölçülen titreşim değerleri, n : belirli bir zaman aralığında ölçülen titreşim ölçüm sayısı

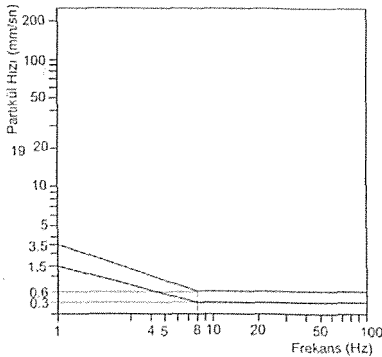
Çizelge 3 Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi Ve Yönetimi Yönetmeliği Tablo 11 (Binalarda, Bina İçindeki Makine ve Teçhizatın Yaratacağı Titreşimlerin Sınır Değerleri)

	Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (rms değer-mm/s)
Konutlarda	1*	1.5
	8-100	0.3
Ofislerde	1**	3.5
	8-100	0.6

* 1Hz-8 Hz arasında, 1.5 mm/s'den 0.3 mm/s'ye logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak azalmaktadır.

** 1Hz-8 Hz arasında 3.5 mm/s'den 0.6 mm/s'ye logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak azalmaktadır.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi frekans değerlerine karşılık verilen partikül hızı değerleri diğer maddelerde verilen sınır değerlerine göre çok düşüktür. Bunun nedeni diğer maddelerde tepe partikül hızı değerleri kullanılırken bu maddede verilen partikül hızı değerlerinin rms olmasıdır. Yönetmeliğin (b) maddesinden farklı olarak bu maddede de (a) maddesinde olduğu gibi frekansın etkisi göz önünde bulundurulmuş ancak titreşim hızının 1-8 Hz arasında doğrusal azalan bir grafiğin altında olması gerektiği öngörülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Partikül hızı-frekans sınır değerleri (29/c maddesinde tarif edilen esaslara göre)

3 ÖRNEK TİTREŞİM ÖLÇÜMLERİ

Örnek ölçüm olarak yönetmelikte tarif edilen esaslara göre iki farklı çalışma, üç maddeye uygun olacak şekilde yapılmıştır. Bunlardan birincisi İzmir bölgesinde yapımı devam eden otoyol çalışmasında yapılan patlatmanın çevresel etkisi, ikincisinde ise İzmir Atatürk Organize Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren bir çelik dövme fabrikasında kullanılan yüksek kapasiteli serbest düşmeli preslerin çalışması esnasında çevrede bulunan yerleşim birimlerin etkisi incelenmiştir.

3.1 Otoyol Çalışması Titreşim Ölçümü

Bu ölçümler, İzmir Çevre yolunun Karşıyaka, Postacılar, Örnekköy ve Cumhuriyet Mahallesi kesimlerinden delme-patlatma uygulamaları nedeniyle meydana gelen titreşimden kaynaklanan şikayetlerin incelenmesi amacıyla Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği esaslarına göre yapılmış ve değerlendirilmiştir.

3.1.1 Titreşim Ölçüm Metodu

Titreşim kaynağının patlatma olması nedeniyle Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin 29/a maddesi gereğince ölçüm yapılmasına karar verilmiştir. Buna göre patlatmaya en yakın binanın dışında, zeminde uygun yerde oluşturulan ölçüm istasyonundan iki adet patlatmadan ölçüm alınmıştır (Şekil 4). Ölçümde Blastmate firmasına ait 4 kanallı titreşim ölçer kullanılmıştır. Cihaz üç ekseninde 1/3 oktav bantta sarsıntı kaydı yapabilen bir jeofon, ses düzeyini ölçmek için kullanılan bir mikrofon ve kanalların kontrolünü sağlayan, ölçümleri hafızaya alan bir ana üniteneden oluşmaktadır. Cihazın jeofonu içinde üç ayrı ekseninde; yanlamasına (transverse), düşey (vertical), uzunlamasına (longitudinal) kayıt almayı sağlayan sensörler bulunmaktadır. Kayıtlar cihazın ana ünitesindeki hafızaya alınmakta ve daha sonra bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.

3.1.2 Patlatma 1 Titreşim Ölçümü

Patlatma 1, yol kazısı için oluşturulan ve yüksekliği 4-6 m arasında değişen basamakta yapılmıştır. Gecikme başına maksimum 10 kg patlayıcı madde kullanılmıştır ve yaklaşık 180 m mesafede oluşturulan ölçüm istasyonunda bileşke partikül hızı 2.47 mm/sn olarak ölçülmüştür. 1 nolu patlatmanın plan görünüşü (ölçeksiz), Şekil 5'de verilmiştir.

3.1.3 Patlatma 2 Titreşim Ölçümü

Patlatma 2, yüksekliği 2 m olan 14 adet delikte yapılmıştır. Gecikme başına maksimum 1,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır ve yaklaşık 150 m mesafede oluşturulan ölçüm istasyonunda bileşke partikül hızı 0.84 mm/sn olarak ölçülmüştür. Patlatma 2 plan görünüşü (ölçeksiz) Şekil 5'de verilmiştir.

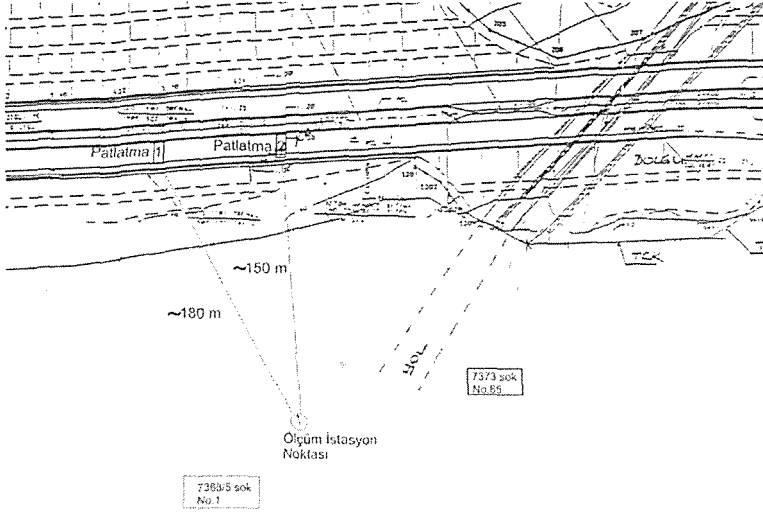
3.1.4 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

1 ve 2 nolu patlatmalar Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 29/a maddesi kapsamında değerlendirilmiş ve en düşük

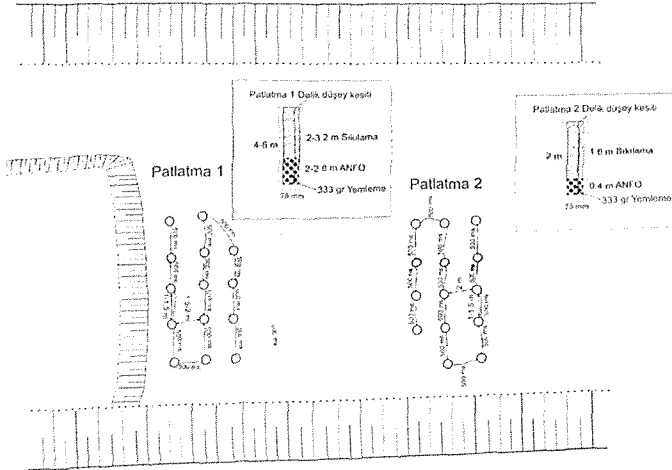
frekans değerlerine karşı partikül hız değerleri izin verilen en yüksek titreşim hızı değerlerinden düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4)

Çizelge 4 Patlatma Ölçüm Sonuçları

Ölçüm	Partikül Hızları (mm/sn)			Baskın Frekans (Hz)			Bileşke Partikül Hız (mm/sn)
	Yanal Eksen	Dikey Eksen	Uzun eksen	Yanal Eksen	Dikey Eksen	Uzun eksen	
Patlatma 1	2.27	1.54	2.19	5.75	11	9.75	2.47
Patlatma 2	0.810	0.540	0.524	8.88	40	8.25	0.838



Şekil 4. Otoyol Çalışması Titreşim Ölçümü plan görünüşü (ölçeksiz)



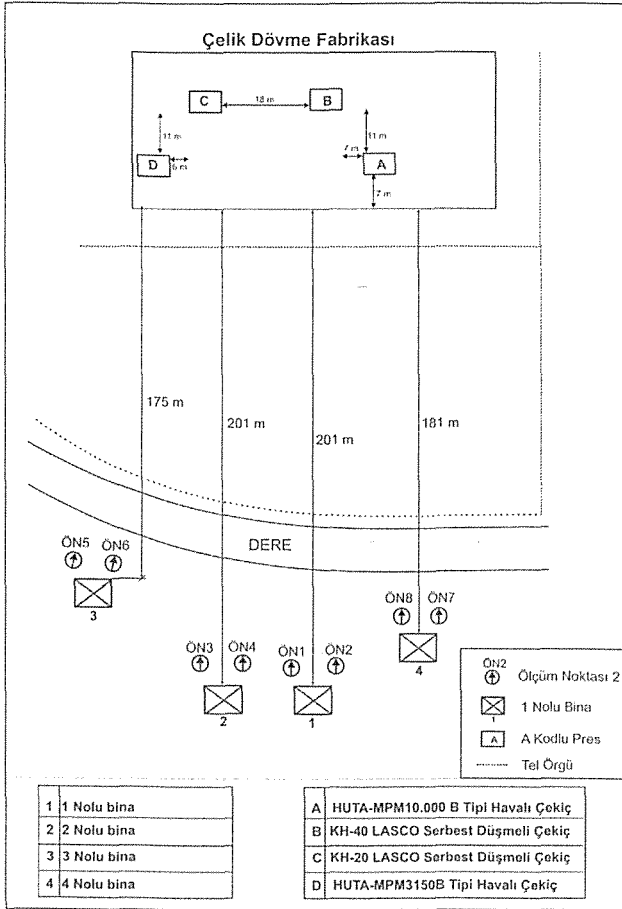
Şekil 5. Patlatma 1 ve Patlatma 2 plan görünüşü (ölçeksiz)

3.2 Sanayi Tesisi Titreşim Ölçüm

Bu ölçümlerde İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi’de faaliyet gösteren bir çelik dövme fabrikasında kullanılan çeşitli marka ve kapasitelerde serbest düşmeli ve havalı preslerin neden olduğu titreşimin, işletmenin çevresinde bulunan yerleşim birimlerine etkisi, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği kapsamında incelenmiştir. Ölçümler öncelikle Yönetmeliğin 29/b maddesi esaslarına göre yapılmıştır. Ancak yönetmeliğin 29/c maddesinde parantez içinde yer alan “Binaların yakınından geçen demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları ile, yerleşim bölgesi yakınındaki sanayi tesislerinin binalarda yaratacağı titreşimler için de bu sınır değerleri kullanılır” ibaresi nedeniyle 29/c maddesi esaslarına göre de titreşim ölçümleri alınmış ve yorumlanmıştır.

3.2.1 Sanayi Tesisi Titreşim Ölçümleri (29/b maddesine göre)

Bu 29/b maddesinde tarif edilen “inşaatlarda kazık çakma ve benzeri titreşim yaratan operasyonların ve inşaat makinelerinin en yakın yapının dışında yaratacağı zemin titreşimleri” ibaresi kapsamında değerlendirilmiş ve bu maddede tarif edilen ölçüm esasları baz alınarak yapılmıştır. Buna göre işletmeye yakın 4 farklı binanın zemininde oluşturulan ölçüm istasyonlarından (Şekil 6) ölçümler alınmıştır. Ölçümler esnasında işletmede bulunan farklı kapasitedeki presler aynı anda çalıştırılmıştır. Şekil 6’de gösterilen istasyonlarda alınan ölçüm sonuçları toplu olarak Çizelge 5’de verilmiştir.



Şekil 6. Ölçüm yapılan bölgenin ölçeksiz planı

Çizelge 5. Sanayii Tesisi Titreşim Ölçümü Sonuçları (29/b maddesine göre)

Ölçüm Noktası	Ölçüm No	Partikül Hızları (mm/sn)			Frekans (Hz)			Bileşke Partikül Hız (mm/sn)
		Yanal Eksen	Dikey Eksen	Uzun eksen	Yanal Eksen	Dikey Eksen	Uzun eksen	
ÖN1	Ölçüm 1	0.59	0.254	0.190	12	7.2	10	0.262
	Ölçüm 2	0.143	0.206	0.175	12	8.8	9.8	0.217
	Ölçüm 3	0.143	0.413	0.254	6.5	5.4	6.2	0.455
	Ölçüm 4	0.190	0.429	0.270	6.0	5.0	6.2	0.473
	Ölçüm 5	0.143	0.286	0.206	11	8.7	9.7	0.290
ÖN2	Ölçüm 6	0.238	0.381	0.254	5.7	5.5	5.3	0.418
	Ölçüm 7	0.0794	0.127	0.127	11	8.3	7.9	0.162
	Ölçüm 8	0.127	0.190	0.175	10	6.6	8.0	0.230
	Ölçüm 9	0.0635	0.127	0.127	13	8.4	8.3	0.150
	Ölçüm 10	0.0794	0.159	0.159	11	7.3	7.4	0.184
ÖN3	Ölçüm 11	0.0952	0.143	0.111	7.1	5.3	6.2	0.151
	Ölçüm 12	0.190	0.730	0.302	6.4	5.4	6.6	0.746
	Ölçüm 13	0.0635	0.175	0.111	32	5.4	7.8	0.184
	Ölçüm 14	0.175	0.603	0.317	6.6	5.2	6.2	0.609
	Ölçüm 15	0.190	0.619	0.317	7.8	5.6	6.4	0.635
ÖN4	Ölçüm 16	0.111	0.222	0.143	9.8	6.6	6.9	0.244
	Ölçüm 17	0.413	0.619	0.444	6.2	6.0	7.3	0.627
	Ölçüm 18	0.159	0.206	0.206	12	9.5	10	0.231
	Ölçüm 19	0.286	0.254	0.317	9.0	6.5	8.1	0.430
	Ölçüm 20	0.270	0.508	0.333	6.0	5.7	7.3	0.552
ÖN5	Ölçüm 21	0.317	0.683	0.492	5.9	6.7	8.5	0.788
	Ölçüm 22	0.127	0.397	0.286	8.4	7.4	7.8	0.403
	Ölçüm 23	0.143	0.492	0.349	15	7.2	7.6	0.499
	Ölçüm 24	0.127	0.492	0.349	8.3	7.2	7.5	0.508
	Ölçüm 25	0.159	0.619	0.490	7.3	6.3	6.0	0.684
ÖN6	Ölçüm 26	0.159	0.524	0.302	17	8.4	8.5	0.530
	Ölçüm 27	0.254	0.683	0.476	6.8	5.9	6.9	0.745
	Ölçüm 28	0.476	0.841	0.587	>100	5.2	6.0	0.899
	Ölçüm 29	0.190	0.730	0.587	7.9	6.3	5.6	0.809
	Ölçüm 30	0.190	0.619	0.460	17	7.2	7.5	0.627
ÖN7	Ölçüm 31	0.0794	0.270	0.222	8.3	6.7	5.6	0.280
	Ölçüm 32	0.190	0.556	0.476	17	7.4	7.6	0.630
	Ölçüm 33	0.111	0.238	0.190	9.5	8.5	7.8	0.239
	Ölçüm 34	0.222	0.444	0.286	12	9.5	12	0.449
	Ölçüm 35	0.143	0.317	0.270	8.7	7.5	7.9	0.334
ÖN8	Ölçüm 36	0.190	0.429	0.270	12	9.3	10	0.429
	Ölçüm 37	0.111	0.127	0.159	7.1	6.3	5.8	0.172
	Ölçüm 38	0.175	0.397	0.270	12	9.5	9.1	0.398
	Ölçüm 39	0.175	0.365	0.270	12	10	8.3	0.370
	Ölçüm 40	0.111	0.317	0.143	8.8	7.1	9.0	0.329
ÖN8	Ölçüm 41	0.143	0.317	0.159	8.5	7.3	9.7	0.323
	Ölçüm 42	0.111	0.302	0.127	13	9.7	6.6	0.303

3.2.2 Sanayi Tesisi Titreşim Ölçümleri(29/c'ye göre)

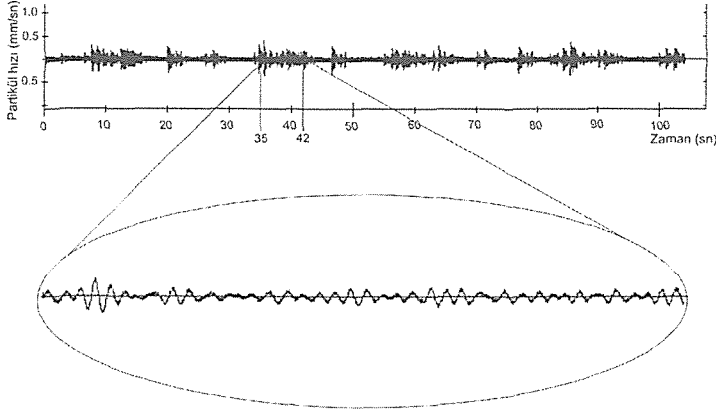
Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin 29/c maddelerinde parantez içinde yer alan "Binaların yakınından geçen demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları ile, yerleşim bölgesi yakınındaki sanayi tesislerinin binalarda yaratacağı titreşimler için de bu sınır değerleri kullanılır" ibaresi nedeniyle bu madde esaslarına göre de titreşim ölçümleri alınmıştır. Yönetmeliği 29/a ve 29/b maddelerinde tarif edilen ölçüm yönteminden farklı olarak bu maddede titreşim ölçümü titreşimin en fazla olduğu odada ve noktada üç yönde yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 6 'da verilen 1 nolu binanın 3. katında titreşimin en fazla hissedildiği odaya titreşim ölçer cihazının jefonu kurulmuştur. Jefonun titreşim değerlerini doğru yansıtması için

duvara sabitlenmiştir. Ölçümler cihazının kapasitesi olan 104 sn sürekli olarak ve toplam 4 kez tekrarlanarak $4 \times 104 = 416$ sn (6.93 yaklaşık 7 dakika) alınmış ve sonuçlar irde-lenmiştir. 4 adet 104 saniye olarak alınan vibrasyon ölçümünün değerlendirilmesi amacıyla RMS değerinin bulunması için bir bilgisayar programı hazırlanmış ve bu çalışmada kullanılmıştır.

RMS, "belirli bir zaman aralığında ölçülen titreşim değerlerinin karelerinin ortalamasının kare kökü" olarak ifade edilmektedir. Bu tanım göz önüne alınarak elde edilen 4 adet 104 sn'lik ölçümün üç eksendeki RMS değerleri hazırlanan bilgisayar programı ile hesaplanmış ayrıca, en yüksek partikül hızının tespit edildiği 4'üncü 104 sn'lik ölçüm detaylı olarak incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 6'de verilmiştir.

Çizelge 6. Sanayi Tesisi Titreşim Ölçümü Sonuçları (29/c maddesine göre)

Ölçüm No	Ölçüm Aralığı (sn)	Hesaplanan RMS değeri (mm/sn)			Bileşke RMS
		Yanlamasına RMS	Dikey eksen RMS	Uzunlamasına RMS	
Ölçüm 1	0 - 104	0.0561	0.0249	0.0235	0.0657
Ölçüm2	0 - 104	0.0554	0.0244	0.0233	0.0649
Ölçüm3	0 - 104	0.0547	0,0246	0,0238	0,0645
Ölçüm 4	0 - 104	0.0624	0.0246	0.0234	0.0710
	0 - 50	0,0648	0,0247	0,0235	0,0732
	50 - 104	0,0601	0,0246	0,0234	0,0690
	35 - 42	0,0891	0,0247	0,0233	0,0954



Şekil 7. 4 nolu ölçümün detay RMS analizi çevresel

Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetim Yönetmeliğinde RMS tanımı da geçen , belirli zaman aralığında alınan ölçümlerin karelerinin ortalaması, tanımıda zaman aralığı için herhangi bir kısıtlama verilmemiş titreşimin sürekli ve aynı formda olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle alınan ölçümü detay analizi en yüksek partikül hızının olduğu zaman aralığı baz alınarak hesaplanmıştır (Şekil 7). Şekil 7’de görüldüğü gibi 104 sn’lik ölçümde preslerin çalışmasında kaynaklanan titreşim net olarak tespit edilmektedir. En yüksek partikül hızı 35.573 sn’de gerçekleşmesi ve dalga formu olarak 35-42 sn’ler arasının sürekli olduğu kabul edilmiş ve buna göre de RMS değeri hesaplanmıştır. Elde edilen RMS değeri bu aralıkta 0.0954 değerindedir. Bu değer yönetmeliğin 29/c maddesinde verilen sınır değerinin altındadır.

4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 01.07.2005 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nin 5. bölümünde Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri başlığı altında tarif edilen yerleşim alanlarında

çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri tanıtılmış, yine yönetmelikte tarif edilen (a), (b) ve (c) maddelerine örnek uygulama ölçümleri yapılarak sunulmuştur.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Maden, taşocakları ve sanayi tesislerinin üretim faaliyetlerinden kaynaklanan titreşimler çeşitli nedenlerden dolayı şikayetlere neden olmaktadır. Şikayetlerin incelenmesi amacıyla eksikliği duyulan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesi ile şikayetlerin standart olarak incelenmesini sağlamış ve konuyla ilgilenen teknik elemanlara çözüm oluşturmuştur.
2. Yönetmeliğin çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri incelendiğinde titreşimler kaynaklarına göre üç gruba ayrılmış ve bu gruplara göre izin verilen sınır değerleri farklı olarak verilmiştir.
3. Yönetmeliğin 29/ (a) maddesinde tarif edilen titreşim tipi, maden ve taşocakları ve benzeri faaliyetlerde bulunan alanlarda yapılan patlatmaların neden olduğu titreşimdir. Bu tipteki titreşimlerin ölçümü en yakındaki binanın zemininde 1/3 oktav bantta ve 3 yönde yapılması öngörül-

müştür. Örnek uygulama olarak İzmir çevresinde yapımı devam eden çevre yolunda yapılan 2 adet patlatmadan yönetmelikte tarif edilen esaslara göre titreşim ölçümü alınmıştır. Patlatmalarda elde edilen en yüksek partikül hızları 2.47 ve 0.838 mm/sn, frekans değerleri ise en düşük 5.75 ve 8.88 Hz olarak ölçülmüştür. Bu değerler yönetmelikte verilen sınır değerlerden düşüktür.

4. Yönetmeliğin 29/(b) maddesinde tarif edilen inşaatlarda kazık çakma ve benzeri titreşim yaratacak operasyonlar ile ağır inşaat makinelerinin neden olacağı titreşim tipi ve verilen sınır değerlere örnek olarak İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren bir çelik dövme fabrikasında kullanılan çeşitli marka ve kapasitelerde serbest düşmeli ve havalı preslerin neden olduğu titreşim ölçümü yapılmıştır. Preslerden yaklaşık 200 m mesafede gerçekleştirilen titreşim ölçümleri yönetmeliğin 29/b maddesinde tarif edilen esaslara göre yapılmış ve elde edilen en yüksek partikül hızı 0.889 mm/sn ve frekans değeri en düşük 5.2 Hz olarak ölçülmüştür. Bu değerler yönetmeliğin 29/(b) maddesinde izin verilen sınır değerlerden düşüktür.

5. Yönetmeliğin 29/c maddesinde tarif edilen titreşim tipi (a) ve (b) maddesinden farklı olarak sürekli formda olan titreşimlerdir. Ancak bu maddede parantez içinde verilen "*Binaların yakınından geçen demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları ile, yerleşim bölgesi yakınındaki sanayi tesislerinin binalarda yaratacağı titreşimler için de bu sınır değerleri kullanılır*" ibaresi nedeniyle çelik dövme fabrikasında kullanılan serbest düşmeli ve havalı preslerin neden olduğu titreşimler bu madde kapsamında da değerlendirilmiş ve verilen esaslara göre ölçümü yapılmıştır. Buna göre fabrikanın yakınındaki bir yapının 3. katında titreşim ölçer cihaz sabitlenerek 4 adet 104 sn sürekli ölçüm alınmış ve RMS değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen RMS değerleri 0.0645-0.0710 mm/sn arasında değişmektedir. Bu değerler yönetmeliğin ilgili maddesinde izin verilen sınır değerlerden düşüktür.

6. Ancak RMS tanımında geçen, belirli zaman aralığında alınan ölçümlerin karelerinin ortalaması, tanımı da zaman aralığı için herhangi bir kısıtlama verilmemiş titreşimin sürekli ve aynı formda olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle en yüksek partikül hızının gerçekleştiği 4. ölçümün farklı zaman dilimlerinde detay RMS analizleri yapılmıştır. En yüksek partikül hızının gerçekleştiği 35-42. sn'ler arası hesaplanan RMS değeri 0,0954 mm/sn elde edilmiştir. Bu değer

yönetmeliğin ilgili maddesinde izin verilen sınır değerden küçüktür.

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nin 5. bölümünde Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri başlığı altında tarif edilen yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri, şikayetlerin incelenmesi amacıyla çözüm önerileri getirmiş ve titreşimleri kaynaklarına göre sınıflandırarak ölçüm metodları tarif edilmiştir

Yönetmeliğin 29/(a) maddesinde tarif edilen titreşim tipi ve izin verilen sınır değerler ile titreşim ölçüm metodu bilimsel çalışmalar ile paralellik göstermekte ve herhangi bir yorum hatası yapılmamaktadır. Ancak yönetmeliğin 29/b maddesi ile 29/(c) maddesinde parantez içinde yer alan "*Binaların yakınından geçen demir yolu ve kara yolu ulaşım araçları ile, yerleşim bölgesi yakınındaki sanayi tesislerinin binalarda yaratacağı titreşimler için de bu sınır değerleri kullanılır*" ibaresi yorum hatalarına neden olabilir. Örnek titreşim ölçümlerinde de görüldüğü gibi preslerin yarattığı titreşimin yönetmeliğin 29/(b) maddesinde verilen sürekli titreşim baz alınarak değerlendirilmesi yapıldığında ölçüm metodu ve sınır değerleri yönetmeliğin 29/(c) maddesinde verileden farklıdır. Preslerin neden olduğu titreşim yönetmeliğin 29/(c) maddesinde değerlendirildiğinde ise RMS değerinin hesaplanması için zaman aralığı sorunu oluşmaktadır. Yönetmelikte zaman aralığı için herhangi bir üst veya alt sınır verilmemiş, titreşimin sürekli aynı formda olduğu kabul edilmiştir. Ancak bu durum yönetmeliğin ilgili maddesinde parantez içinde verilen ifade ile çelişmektedir. Kanımızca titreşimin sürekli olarak devam ettiği, örneğin sanayi tesisinde sürekli olarak çalışan bir makinenin (dalga formu aynı) bu madde kapsamında değerlendirilmesidir.

Konuyla ilgili olarak önemli hukuksal süreçlerin yaşandığı ve yoruma bağlı olarak tarafları zor durumda bırakabilecek bu eksikliğin tartışılması ve gerekli düzeltmelerin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) Resmi Gazete 01.07.2005
Erkoç, Ö.Y, 1998 "Patlama İle Çevreye Verilen Sarsıntılar ve Hasar Kriteri Üzerine Bir Tartışma", 3. *Delme ve Patlatma Sempozyumu*, 129-139
Erkoç, Ö.Y, 1998 "Patlama İle Çevreye Verilen Sarsıntılar ve Hasar Kriteri Üzerine Bir Tartışma", 3. *Delme ve Patlatma Sempozyumu*, 139-147
Konak G., Onur A.H., Karakuş D., Küçük K., 2003 "İzmir Bornova Mevkiinde Faaliyet Gösteren Taşocağında Yapılan Patlatmaların Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi", 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu.

Çok Dik ve Sarp Arazi Yapısına Sahip Ocak Sahalarında Kademeli İşletme Yöntemlerinin Uygulanması

A. Tatarhan

UBM A.Ş. Kontrollük ve Danışmanlık, Mühendislik Hizmetleri, Rize, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada kademeli işletme yöntemleri ele alınarak, taş ocak sahalarında neden kademeli işletme yapılması gerektiği izah edilmeye çalışılmış, Doğu Karadeniz Bölgesi gibi çok dik ve sarp arazi koşullarına sahip taş ocak sahalarında uygulanabilecek kademeli işletme sistemleri ele alınarak, kademeli işletme sistemlerinin ocak sahalarına nasıl ve ne şekilde teşkil edilebileceği, kademe yollarının nasıl oluşturulabileceği konusunda açıklayıcı bilgiler verilerek, kademeli işletme yöntemlerinde malzeme üretimi sırasında nasıl bir yol izleneceği anlatılmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT: In this paper, the importance of benching in rock quarrying applications is explained. Benching methods applicable at difficult ground conditions of Eastern Black Sea Region are discussed. Having given the information on forming quarry sites and constructing in-quarry roads, the methods to apply in material production when benching are presented.

1 GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde son dönemlerde artış gösteren çeşitli proje faaliyetleri, bölgede çok yaygın olmayan taş ocak işletmeciliğinin hızlı bir şekilde artmasına neden olmuş ve bölgede, bu proje çalışmalarına gereken malzeme ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla yaygın bir şekilde taş ocak işletmeciliği yapılmaya başlanmıştır.

Bölgede faaliyet gösteren taş ocaklarında yapılan kazı çalışmaları planlı bir şekilde yapılmadığı için ocak sahalarında çok yüksek ve dik ocak aynaları teşkil edilmesine neden olmuştur. Bu durum ocak içinde yapılan çalışmaları tehlike altına almış olmasına rağmen, taş ocaklarında istikrarlı bir çalışma yürütülebilmesi için yapılması gereken düzenlemeler bu güne kadar yerine getirilmemiştir.

Taş ocaklarında, emniyetli çalışma sahaları oluşturarak, uygun malzeme üretiminin yapılabilmesi ve yapılan ateşlemelerden verim alınarak ocak sahalarının köreltilmeden işletilebilmesi için, taş ocak sahalarında uygun işletme şartlarının oluşturulması gerekmektedir.

Taş ocak işletmeciliği faaliyetlerinde bulunan kişi, kurum ve firmalarca, imalatlara gereken malzeme ihtiyacını bir an önce karşılayabilme düşüncesi ile taş ocağındaki üretim çalışmalarının ve işletme faaliyetlerinin hızlı bir şekilde yürütülmesinin yanı sıra, ocak sahalarında daha

öncede çeşitli işletme çalışmalarının yapılmış olması ve yapılan bu işletme çalışmalarının ocaktaki arazi ve işletme koşullarını bozması, taş ocağının bu mevcut durumu ile uygulanması düşünülen kademeli işletme planının gerçekleştirilmesi için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle taş ocağı sahalarında istenildiği gibi çalışma yapılmasına ortam yaratacak işletme yöntemlerinin, daha kolay ve daha çabuk bir şekilde ocak sahasına teşkil edilmesini sağlayacak farklı çözümlerin bulunması zaruri hale gelmiştir.

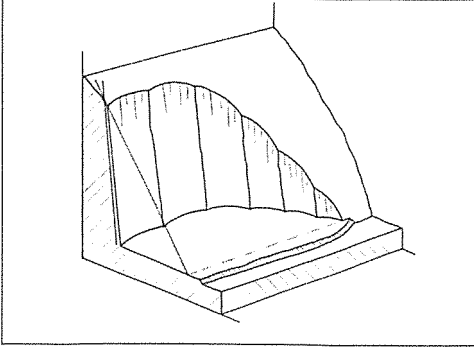
Bu amaçla taş ocağı sahalarında kademeli işletme yöntemlerinin benimsenerek üretim yapılması ve halen üretim yapılan ocak sahalarında tüm çalışmaların bu yönde yönlendirilmesi bölgedeki taş ocağı işletmeciliğinin geleceği açısından uygun olacaktır.

2 GENEL

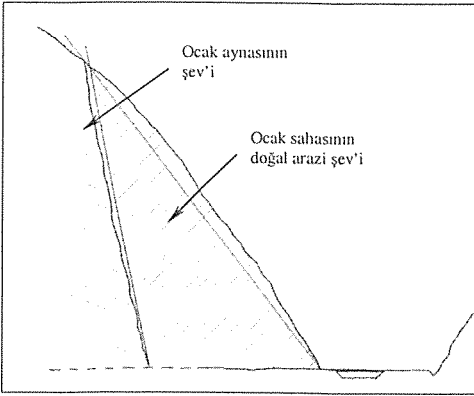
Taş ocağı sahalarında kademeli işletme yöntemi oluşturulmasının birçok avantajları bulunmaktadır. Bu avantajların başında, taşocağının köreltilmeden üretimin devam ettirilmesinin yanında taşocağı üretim sahasında emniyetli çalışma ortamının sağlanması, kademeli işletme yönteminin en önemli üstünlükleri arasında yer almaktadır.

2.1 Yapılan Uygulamalar

Taş ocaklarında, bir plan ve programa bağlı kalmadan yürütülen üretim çalışmaları, ocak sahalarında çok yüksek ve dik ocak aynalarının oluşmasına neden olmakta ve en önemlisi taş ocakları, ilerde taş üretimi yapılamayacak duruma gelmektedir (Şekil 1).



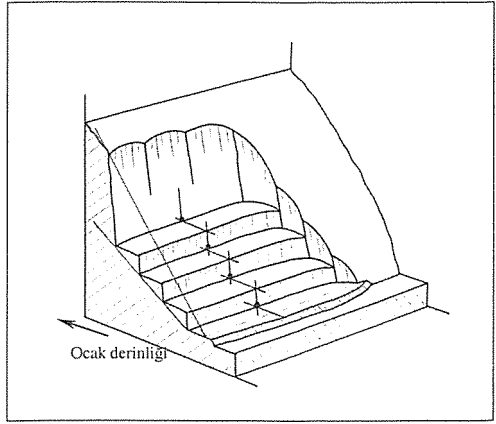
Şekil 1. Taş ocaklarında oluşturulan ocak sahasının ve ocak aynasının mevcut durumu



Şekil 2. Taş ocaklarında yürütülen mevcut uygulamanın kesit görünümü

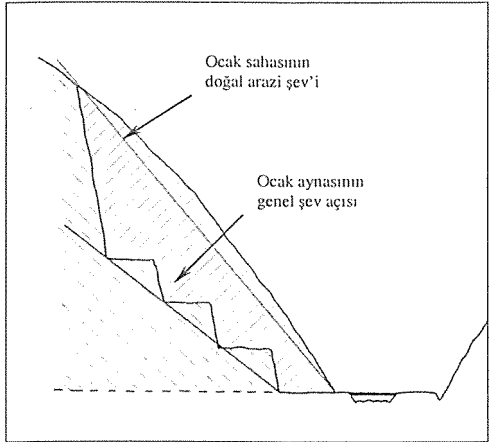
Kademesiz çalışmaya bağlı olarak ocak sahalarında teşkil edilen çok yüksek ve dik ocak aynalarının şev açısı (Şekil 2), çok sarp ve dik olan doğal arazi eğiminden bile fazla olmakta, bu durum ocak sahasında emniyetsiz çalışma ortamlarının oluşması sonucunu doğurmaktadır, bu durum ise yapılan tüm faaliyetlerin risk ve tehlike altında yürütülmesine neden olmaktadır.

Sarp ve dik arazi yapısına sahip taş ocaklarında, yukarıda ifade edilen sorunlarla karşılaşmadan taş üretimi yapabilmek düşüncesiyle ocak sahalarında teşkil edilen kademeli işletme sistemlerinin yanlış planlanması, ocak sahalarında istenildiği gibi çalışma yapılması konusunda yetersiz kalmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Taş ocağında yanlış oluşturulmuş kademe sahaları

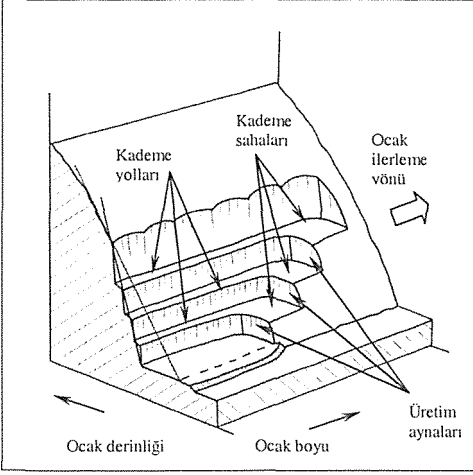
Sarp ve dik arazi yapısına sahip taş ocaklarında kademe sistemi teşkil edilirken, basamaklardaki çalışma sahalarının ve üretim aynalarının, ocak derinliğine doğru ardışık olarak teşkil edilmesi durumunda, yani ocak sahasında, alttaki basamak sahasının ocak içi derinliğine doğru olan genişliğinin bittiği noktada, üstteki basamak sahasının oluşturulması ve tüm basamaklardaki üretim aynalarında, ocak derinliğine doğru ilerleyecek şekilde üretim yapılması durumunda, ocak sahasındaki genel şev açısı (Şekil 4), doğal arazi eğiminden düşük olacağından, bu tarz basamaklı sistemin oluşturulması sırasında çok miktarda malzeme alınması gerekecek ve bu durum kademe oluşturmasına ek zorluklar getirecektir.



Şekil 4. Taş ocağında yanlış oluşturulmuş kademe sahalarının şev açısı

2.1.1 Tavsiye edilen kademeli işletme sistemi

Ocak sahalarında kademe teşkil edilirken yukarıda ifade edilen tarzda basamaklar oluşturulmaması, bir üst kotta yer alan kademedeki çalışma sahası ve üretim aynası, bir alt kotta yer alan kademenin çalışma sahası ve üretim aynasından ilerde olacak şekilde planlanması yapılmalıdır. Yani, alt tarafta bulunan kademe sahasının önünde yer alan malzeme platform olarak kullanılıp, üst tarafta bulunan kademe sahası bu malzemenin üzerinde teşkil edilmelidir (Şekil 5).

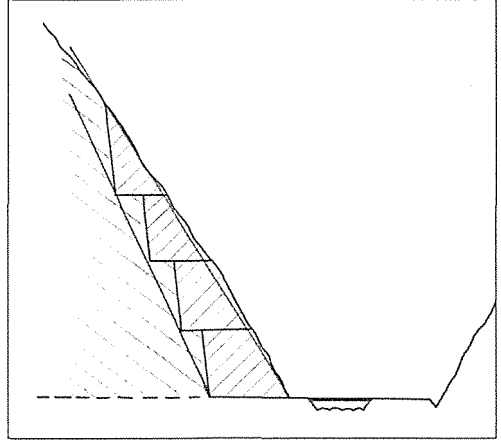


Şekil 5. Dik ocak sahalarında tavsiye edilen kademeli işletme sistemi

Tavsiye edilen bu kademeli işletme sisteminde, kademelerdeki çalışma sahaları, ocak sahası boyunca ardışık olarak sıralanmakta, en üstteki kademe sahası en önde, en alttaki kademe sahası en geride olacak şekilde kademe sahaları ocak sahası boyunca konumlandırılmaktadır. Kademelerdeki çalışma sahaları arasında emniyetli ve rahat çalışma ortamı yaratılacak kadar mesafe bırakılmaktadır. Yalnız bu uygulamada dikkat edilmesi gereken husus, bir alt kademe sahasında yapılan ateşleme ile üst kademedeki çalışma sahası muhafaza edilmelidir. Kademelerde yapılan ateşlemelerin bu çalışma sahalarını yok etmeyecek şekilde kademe sahaları arasında mesafe bırakılmalıdır.

Basamaklardaki kademe yolları, çalışma sahalalarının gerisinde, iki aracın yan yana rahat ve güvenli bir geçişini sağlayacak şekilde teşkil edilmelidir. Kademe yolları, kademeler arasında emniyet alanı oluşturmasının yanı sıra, kademelerdeki üretim aynalarının şeve dik olsa bile, ocak aynasının genel şev açısının, ocak sahasının doğal arazi eğimine yakın eğimde teşkil edilebilmesini sağlamak ve bu sayede ocak

aynasının genel şev açısı kontrol altında tutulabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Tavsiye edilen kademeli sistemde ocak aynasının genel şev açısı

3 TAŞ OCAKLARINDA KADEMELİ İŞLETME SİSTEMLERİNİN TEŞKİL EDİLMESİ GEREKÇESİ

Taş ocak sahalarında, kademeli işletme yöntemi uygulanmaması ve ocak aynalarının çok yüksek ve dik teşkil edilmesine bağlı olarak, sadece ön tarafları açık, dört bir yanı kapalı ortamlarda delme girişimlerinde bulunulması nedeniyle yapılan ateşlemeler sıkışık ortamlarda yapılmaktadır. Serbest yüzey sayısının bir tane olması nedeniyle, hangi tür delme yöntemi kullanılırsa kullanılsa, ateşleme sonucu ortaya çıkan basınç enerjisinin gücü, patlatılan kütleyi çevre zonlardan koparıp parçalamak büyük patlatma enerjisi gerekmektedir. Bu nedenle patlatma yapılan kütleleri parçalayabilecek ve buldukları ortamdan ayırabilecek güçte yeterli basınç kuvvetlerini elde edebilmek için kullanılması gerekenden daha fazla miktarda patlayıcı madde kullanılması durumu ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca, dört bir yanı çepeçevre kapalı, sadece ön tarafları açık ortamlarda yapılan ateşlemeler sırasında, serbest yüzeye, doğru yayılan basınç kuvvetleri, önlerinde yer alan kütlelerin arkasına herhangi başka bir yapı veya zonun bulunmaması nedeniyle, bu kütleyi parçalamak ve ötelemek suretiyle enerjilerini deşarj edebilirlerken, patlatma yapılan bölgenin arka, üst, alt ve yan istikametlere doğru yayılan basınç kuvvetleri, etkide buldukları kütlelerin çevre zonlar tarafından sarılmış olması nedeniyle bu yapıları deformasyona uğratmalarına rağmen, parçalayamamak ve öteleyememektedir-

ler. Bu nedenle, enerjilerini patlatma işlemi yapılan bölgeyi çevre çevre saran çevre zonlara yansıtan basınç kuvvetleri, aşırı sarsıntıların meydana gelmesine neden olmaktadır.

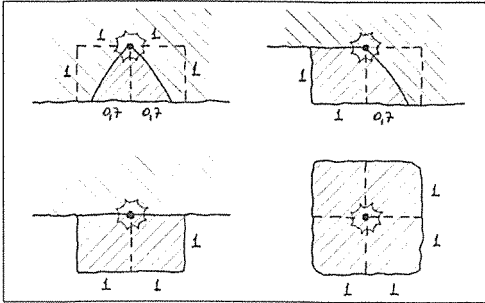
Tüm bu etkenler ve koşullar altında yapılan ateşlemelerden verim alınamamış, çevreye zarar verilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

3.1 Serbest Yüzey ve Önemi

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, yapılan patlatma sonucu meydana gelen basınç kuvvetlerini, parçalayamayacağımız kütlelere iletilip gereksiz sarsıntılara neden olup enerjiyi boşa harcamak yerine, bu basınç kuvvetlerini parçalamak istediğimiz kütlelere iletilip sarsıntı yaratmadan o kütleli parçalayabilmek için çok sayıda serbest yüzey oluşturmamız gerektiği anlaşılmaktadır.

Şekil 7'de görüleceği üzere, yapılan ateşlemelerde serbest yüzey sayısı arttıkça, patlayıcı madde miktarını artırmaya gerek kalmadan, üretilen malzeme miktarı da artmaktadır.

Serbest yüzey sayısının fazla olduğu ortamlarda, ateşleme yapılan ortamı çevre çevre saran zonların az olması nedeniyle, ateşleme sonucu ortaya çıkan basınç kuvvetleri önlerinde yer alan kütlelerin arkasında herhangi başka bir yapı veya zonun bulunmaması nedeniyle bu kütleleri çok rahat bir şekilde parçalayıp öteleyebilmektedir. Ayrıca serbest yüzey sayısının fazla olması nedeniyle çevre zonlara çarpıp onlara etki edemeyerek aşırı sarsıntılara neden olan ve etki-tepki kanunundan dolayı geriye dönen basınç kuvvetlerinin sayısı azalmakta, bu kuvvetlerin birleşerek aynı bölgede yoğunlaşması ve o bölgede yer alan malzemeleri ufalamasının önüne geçilmektedir.



Şekil 7. Ateşlemelerde serbest yüzey sayısının artmasına bağlı olarak malzeme miktarındaki artış

Sonuçta taş ocağında kademeli işletme anlayışı ile basamak oluşturulması neticesinde, patlatma yapılacak kütlede üç tane serbest yüzey oluşturulması ile bu kütlede yapılan ateşlemeler istenildiği gibi olmakta, daha az patlayıcı madde kullanılarak en az sarsıntı yaratılmakta ve fazla ufalamadan, daha çok miktarda malzeme alınması

sağlandığında yapılan ateşlemeler verimli olmaktadır.

İşte bu nedenle taş ocaklarında oluşturulacak olan kademeli işletme yöntemi sayesinde, patlatılmak istenen yapıların en az üç tane serbest yüzeye sahip olması sağlanarak, yapının çevre zonlar tarafından sarılması ve sıkışık halde bulunmasına mani olunarak, delme ve patlatma işlemleri için uygun ortam ve koşullar yaratılarak, yapılacak olan her türlü çalışmadan en iyi verim alınacak, ocakta yapılan delme-patlatma ve diğer tüm çalışmaların çevreye vermiş olacağı etki minimum seviye indirgenmiş olunacaktır. Yani bir patlatmada patlatılmak istenen yapı veya malzeme ne kadar çok serbest yüzeye sahip olursa o patlatma, sarsıntı yönünden çevreye en az etkiyi verecektir.

Bu esastan yola çıkarsak, taş ocaklarında kademeli işletme tekniğinin uygulanmasındaki ana nedenin, sadece delik delme makineleri kullanarak delme ve patlatma işlemlerinin yapılmasına ortam yaratmak değil, hangi tür delme ve patlatma tekniği uygulanırsa uygulansın tüm bu uygulamalar sırasında ocak sahasında delme ve patlatma işleri için en ideal şartları yaratarak, patlatmalar nedeniyle çevreye verilebilecek etkileri minimum seviyeye indirmektedir.

4 KADEMELİ İŞLETME SİSTEMLERİNİN TAŞ OCAKLARINDA SAĞLADIĞI YARARLAR

Bir taş ocağında kademeli işletme yapılması halinde önceki maddelerde belirtilen şartlar sağlanmakla birlikte, işletme sırasında yapılan çalışmaların daha verimli olmasını sağlayacak birçok yararlar ortaya çıkmaktadır. Bu yararlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Ocak sahalarda güvenli çalışma ortamlarının yaratılması
2. Üretim sırasında temiz malzeme alınması
3. Patlatma kaynaklı çevresel etkilerin kontrolü
4. İmalata uygun malzeme üretiminin yapılması
5. Ocaktaki malzeme veriminin artırılması
6. Ocağın köreltilmemesi
7. Ocak saha zeminin ve üretim aynasının kontrolünün sağlanması
8. Ocak sahasındaki tüm iş makinelerinin hızlı ve verimli çalışmalarının sağlanması
9. Çevresel açıdan çirkin görüntülerin ortadan kaldırılması

4.1 Ocak Sahalarında Güvenli Çalışma Ortamlarının Yaratılması

Bilindiği gibi çok dik ve yüksek arazi topografyasına sahip taş ocaklarında kademeli işletme sisteminin uygulanmaması ve ocak aynalarının çok yüksek ve dik teşkil edilmesine bağlı olarak delme ve ateşleme tekniklerinin yanlış uygulanması ve yapılan ateşlemelerde fazla miktarda patlayıcı maddenin

kullanılması nedeniyle, ocak aynasında çatlaklar ve oynamalar olmakta, stabilitesi bozulduğu için heyelan riski taşıyan ocak aynaları ve ocak aynalarının da askıda duran taş ve kaya kütleleri, ocak içi çalışmalar için tehlike arz ederek, ocak sahaslarında emniyetsiz bir ortamın oluşmasına neden olmakta, ocak sahasındaki işletme şartları can ve mal güvenliğini açısından bir kat daha tehlikeli ve riskli hale gelmektedir.

Kademeli işletme sistemi teşkil edilen taş ocaklarında, ayna yükseklikleri çok az ve serbest yüzey sayısı fazla olmasına bağlı olarak yapılan ateşlemelerde daha az patlayıcı madde kullanılacağından, yapılan ateşlemeler ocak sahasında can ve mal güvenliğini tehdit edici unsurların oluşumuna neden olmayacağından güvenli çalışma ortamı sağlanmış olacaktır.

4.2 Üretilen Malzemenin Temiz Alınması

Taş ocak sahaslarının üzerindeki toprak örtü tabakaları veya yapısal boşluklar içerisinde yer alan kil vb. malzemeler üretilen malzemenin içerisine karışarak imalata uygun temiz malzeme elde edilmesini zorlaştırmaktadır.

Üretim sırasında temiz malzeme alınabilmesi için malzemeyi kirleten bu oluşumların, üretim çalışmaları haricinde lokal bir çalışma yapılarak alınması gerekir. Yani ocak sahasının üstündeki örtü tabakası üretim çalışmalarını aksatmaya gerek kalmadan ayrı bir çalışmayla ve çok kolay şekilde alınması mümkündür.

Kademeli işletme yöntemi uygulanan ocak sahaslarında -serbest yüzey sayısının fazla olması nedeniyle- yapı içerisindeki çatlak vb. boşluklarda yer alan kil vb. istenmeyen malzemeler ile imalata uygun olmayan malzemeleri içeren zonlar daha rahat gözlemlenerek kontrol altında tutulabilir. Bu sayede imalata uygun olmayan bu malzemeler imalata uygun malzemenin içine karışmadan alınabilmektedir. Yüksek ve tek yüzeye sahip ocak aynalarında ise yapının gözlemsel kontrolü çok zor olmakta, bu unsurları içeren yapılara müdahale şansı çok zor olmaktadır.

Ayrıca imalata uygun olmayan kil, toprak vb. malzemelerin, imalatta kullanılacak malzemelere karışması durumunda, bunların ayıklanması daha kolay olmakta, bu malzemelerin kullanılacak malzeme içerisinden ayrılabilmesi halinde ise tüm ocak sahası dışına atılması gereken malzeme miktarı daha az olacaktır.

4.3 Patlatma kaynaklı çevresel etkilerin kontrolü

Bilindiği gibi çok yüksek ocak aynalarında üretim yapılabilmesi için fazla miktarda patlayıcı madde kullanılan ateşlemeler yapıldığından ve ocak sahasında tek serbest yüzey olması nedeniyle yapılan ateşlemeler neticesinde-patlatma

sıkıştırılmakta- aşırı sarsıntı ve gürültü yaratılarak çevreye zarar verilmektedir.

Kademeli çalışma yapılması halinde patlatılacak kütle miktarı küçük olduğundan kullanılacak patlayıcı madde miktarı daha az olacaktır. Serbest yüzey fazlalığından dolayı atımlar sıkıştırılmayacak, dolayısı ile en az seviyede sarsıntı ve gürültü olacaktır.

Ayrıca kademeli çalışma yapılması halinde patlatılmak istenen kütle miktarı az olduğundan yapılacak ateşlemeler sırasında çok az miktarda patlayıcı madde kullanılacağından patlatma sonrası açığa çıkan gaz ve toz miktarı daha az olacak, doğaya ve çevredeki tarım arazilerine verilecek zarar yok denecek kadar az olacaktır.

4.4 İmalata Uygun Malzeme Üretiminin Yapılması

Taş ocaklarında yapılan üretim çalışmaları genelde bir imalata dayalı olarak yürütülmektedir. Gerek kırıcı tesislere malzeme üretilirken, gerekse tahkimat dolgu vb. işlere malzeme temin edilirken, yapılan işlemin kaliteli olabilmesi için ocaktan gelen malzemenin bu imalata uygun olması gerekmektedir. Aksi takdirde o imalatta verim sağlanamayacağı gibi istenilen kalite yakalanamayacaktır. Kademeli çalışma yapılması halinde yapılacak ateşlemelerin etki ve parçalama kontrolü yapılabileceğinden imalata uygun malzemenin alınabileceği ateşlemeler yapılabilecektir.

4.5 Ocak Veriminin Arttırılması

Taş ocağında yapılan büyük ateşlemeler ve ateşleme tekniğindeki yanlışlıklar nedeniyle sahadaki mevcut yapı aşırı zedelenmekte, deformasyona uğratılmakta ve bu nedenle istenildiği gibi malzeme alınamamaktadır.

Kademeli işletme yapılması halinde fazla miktarda patlayıcı madde kullanılmasına gerek kalmayacak, yapılan ateşlemeler küçük boyutlu olacak, serbest yüzeyin fazla olması nedeniyle atımlar sıkıştırılmayacak ve geri zondaki patlatılmayan kütleler boş yere basınç etkisine maruz bırakılmamış ve zemin zedelenmemiş olacaktır. Bu şekilde ocaktan uzun süre istenildiği gibi malzeme alınabilecek, ocak verimi artacaktır.

4.6 Ocağın Köreltilmemesi

Taş ocak işletmelerinde bugüne kadar yürütülen çalışmalar sırasında yapılan yanlışlıklar nedeniyle çok yüksek ve dik ocak aynaları teşkil edilmiş ve birçok taş ocağı işletilemez hale getirilerek terk edilmiştir.

Arazi topografyasının çok dik olduğu yerlerde kademeli çalışma yapılması halinde ocak sahasındaki her noktaya rahatça ulaşılabileceğinden kademe sahasları platform olarak kullanıp en üst

bölgelerde de her türlü çalışma yapılabilir ve ocak sahaları uzun süre işletilebilecektir.

4.7 Ocak Zemininin ve Üretim Aynasının Kontrolü

Taş ocaklarında kademeli çalışma yürütülerek büyük ateşlemeler yapılması neticesinde zemin oynamalarına heylanlara, neden olmakta, üretim aynasında aşırı çatlama ve kırıklar oluşturularak tehlikeli bir ortam yaratılmamaktadır.

Taş ocakları gibi açık maden işletmelerinde, malzeme üretimi sırasında arazi yapılarının var olan dengelerini bozmamak-etkilememek için herhangi bir tahkimat vb. yapıların teşkil edilmesi durumu söz konusu olmayıp, ocak aynasında kademeler oluşturularak bu dengeler kontrol altına alınabilir.

Kademeli çalışma sırasında oluşturulan kademeler topuk görevi görerek sahadaki zemin kaymalarına engel olmakta, ocak sahasının genel şev eğiminin düşük olması sağlanmaktadır.

4.8 Ocak Sahasındaki Tüm İş Makinelerinin Hızlı ve Verimli Çalışmalarının Sağlanması

Ocak sahalarında kademeli sistemin teşkil edilmesine bağlı olarak çalışma alanlarının geniş oluşturulması, saha zeminlerinin iyi olması, yapılan ateşlemeler sonucu malzemelerin istenildiği nitelikte olması, ocak sahasında çalışan makinelerin hızlı ve verimli çalışmasını sağlayacaktır.

4.9 Çevresel Görünüm

Ocaklarda bilinçsizce yapılan üretim çalışmaları nedeniyle çok düzensiz, çirkin ve biçimsiz bir saha oluşturulmakta, işletme faaliyetlerinin bitmesiyle ocak terk edildiğinde geriye kalan görüntü hoş olmamaktadır.

Fakat kademeli çalışma yapılması halinde, ocağın terk edilmesi durumunda geriye kalan görüntü daha şekilli olmakta, çirkin ocak şevleri bırakılmamakta, ocak sahasının tekrar yeşillendirilmesi için kademelerde çok rahat çalışmalar yapılabilir.

5 TAŞ OCAKLARINDA KADEMELİ İŞLETME SİSTEMLERİNİN TEŞKİL EDİLMESİ

5.1 Genel

Madencilik sektöründe, gerek yeraltı kapalı işletmelerinde gerekse yerüstü açık işletmelerindeki kazı ve üretim işlerinde genel prensip, önce üst tarafta bulunan malzemenin, daha sonra alt tarafta yer alan malzemenin alınması prensibine dayanır. Yani ocak sahalarında, kazı ve üretim çalışmalarının, önce ocak sahasının üst kotlarından başlatılması, daha sonra alt kotlara doğru ilerletilmesi, delme- patlatma, kazı-yükleme, nakliye

gibi tüm faaliyetlerin bu doğrultuda yürütülmesi gerekmektedir.

Açık maden işletmelerinde, kazı ve üretim işlerinin bu ana prensibe bağlı olarak yürütülebilmesi için, ocak sahalarında kademeli işletme yöntemleri uygulanmaktadır.

Kademeli işletme yöntemlerinin ocak sahalarına tatbiki sırasında, öncelikle ocak sahasının kot olarak en yüksek noktasında, üst kademe sahası teşkil edilmekte ve alt kotlara doğru sırası ile diğer kademe sahaları oluşturulmaktadır.

Ocak sahalarında kademeli işletme sisteminin oluşturulabilmesi için, öncelikle ocak sahasının üst kotlarına ulaşılmasını sağlayan ocak yollarının teşkil edilmesi gerekmektedir. Bu yolları teşkil edilmesine müteakip ocak sahasında kademeli işletme sistemi oluşturmaya başlanabilir.

5.2 Kademeli İşletme Sisteminin Teşkil Edilmesi Sırasında Yaşanan Sorunlar

Doğu Karadeniz Bölgesi gibi, yerleşim birimlerinin çok dağınık ve arazi koşullarının sarp ve dik olduğu bölgelerde, kademeli işletme sistemini oluşturabilmek için ocak sahasının üst kısımlarına direkt ulaşılmasını sağlayan yolların yapımı, arazi koşulları gereği çok zor ve maliyetli olmakta, beraberinde birçok sorunu gündeme getirmektedir.

- Ocak sahasının en üst kısımlarına ulaşılmasını sağlayacak olan yolun uygun eğimde olabilmesi için çok uzun teşkil edilmesi gerekmektedir.
- Çok sarp ve dik arazi yapısına sahip bölgelerde bu uzunlukta yolun açılması hayli zahmetli ve zor olduğundan yapım maliyeti de yüksek olacaktır.
- Ayrıca çok uzun teşkil edilecek olan yolun, ocak sahası dışında farklı bir yerde açılması gerekeceğinden, ocak sahası dışında farklı yerlerinde kamulaştırılması gündeme gelecektir. Taş ocak sahalarında, ocak yolu için yapılacak olan ilave bir kamulaştırma işlemi, yapılacak yolun maliyetinin artmasına, kamulaştırma işlemlerinde var olan sıkıntıların daha da artmasına neden olacaktır.
- Çok uzun teşkil edilen kademe yolları, bölgenin yapısı nedeniyle imalat yerlerine çok uzakta bulunan taş ocaklarındaki taşıma mesafelerinin artmasına neden olacak, dolayısı ile bu durum yüksek olan taşıma maliyetlerini daha da arttıracaktır.

Çok dik ve sarp arazi yapısına sahip taş ocak sahalarında, kademeli işletme sisteminin oluşturulması safhasında, öncelikle ocak sahasının üst kısımlarına direkt olarak ulaşmayı hedefleyen kademe yolları, yukarıda ifade edilen sorunlarla karşı karşıya kalınarak, kademe yollarının yapımının çok zahmetli ve maliyetli olacağı düşüncesinin doğmasına yol açmakta, bu durum taş ocaklarında

kademeli işletme sisteminin oluşturulması düşüncesinden veya planından vazgeçilmesine neden olmaktadır.

Ayrıca Karadeniz Bölgesi gibi ani yükselmeler gösteren sarp ve dik arazi koşullarında yolların teşkili zor olduğu için yapım süresi uzun olacak, ocak sahasının üst noktasına ulaşarak kademe sahasını oluşturmak için geçen süre çok fazla olacaktır, bir an önce malzeme üretimi yapılmak istenen ocak sahalılarında, taş üretim çalışmalarının daha geç başlamasına neden olacaktır.

Sarp ve dik arazi yapısına sahip taş ocaklarında, yukarıda ifade edilen sorunlarla karşılaşmadan kademeli işletme sistemlerinin yerleştirilebilmesi için, öncelikle ocak sahasının en alt noktasında bir taban sahası oluşturarak çalışmalara başlanması, daha sonra ocağın üst kısımlarına doğru ilerletilmesi uygun olacaktır. Yani bu uygulamada bilinen kademeli işletme yöntemlerinde yapıldığı gibi, öncelikle en üstteki kademe sahasının teşkil edilmemesinde, aksine ocak sahasının en alt kotunda, ana kademe sahası öncelikle teşkil edilmekte, sonra üst kısımlara doğru diğer kademe sahalıları ve kademe yolları oluşturulmaktadır.

Bu yöntemde, ocak sahasının üst taraflarına direkt ulaşmamızı sağlayan yolları teşkil edilmesine gerek kalmadığından, ocak sahası dışında farklı bir sahaya gereksinim duyulmamakta, mevcut ruhsat alanı kullanılarak, daha kolay ve daha az maliyetle kademe yolları teşkil edilmektedir. Ayrıca ocak sahasına kademeli işletme yöntemini yerleştirilirken, taş üretim çalışmalarına hemen başlanabilmektedir.

Tavsiye edilen bu uygulama sisteminde dikkat edilmesi gereken husus, çalışmalara ocağın en alt katında taban sahası oluşturarak başlanmasına rağmen, ocak sahasında kademe oluşturma çalışmaları sona erdikten sonra, üretim çalışmalarına en üstteki kademe sahasından başlanılmakta ve en alt kattaki kademe sahasına doğru ilerleyecek şekilde yürütülmektedir. Yani, ocaktaki kademe oluşturma safhasındaki çalışmalar, ocağın en alt kotundan en üst kotuna doğru yapılırken, üretim safhasında ise ocağın en üst kotundan en alt kotuna doğru ilerleyen bir hareket tarzı izlenmektedir.

Kısaca bu metodun uygulama prensibi, ocak sahasında kademeli işletme sisteminin oluşturma safhasında aşağıdan yukarı hareket önceliğini içerirken, ocak sahasında kademeli işletme sisteminin yerleştirdikten sonra ise yukarıdan aşağı doğru hareket tarzı ile üretim yapılması mantığını içermektedir.

5.3 Galeri Yöntemi İle Çalışılmasının Nedenleri

Taş ocağı sahasının sarp ve dik arazi yapısına sahip olması ve yukarıda anlatılan sebeplerden dolayı taş ocağında bilinen metotlarla kademeli işletme oluşturulmadığı konusuna değinilmişti. Bu nedenle farklı bir metot uygulanarak ocak sahasında

kademeli işletme yönteminin yerleştirilmesi uygun görülmektedir. Sarp ve dik arazi yapısına sahip ocak sahalılarında kademeli işletme sisteminin ilk oluşturulması ve bu sistemin taş ocak sahasına adapte edilmesi safhasında yapılan delme ve patlatma uygulamalarının galeri yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü sarp ve dik arazi yapısına sahip ocak sahalılarında, uygulanması tavsiye edilen kademeli işletme yönteminin uygulama şekli, alttan yukarı doğru ilerleyen bir çalışma tarzı gerektirmektedir. Bu nedenle bu metotla ocak sahalılarında işletme yönteminin oluşturulması safhasında, kademe yollarının yapılması ve kademe sahalılarının oluşturulması aşamalarında patlatma işlemine tabi tutulan arazilerin üzerine delik delme makinelerini çıkarabilmek mümkün değildir. Delik delme makinelerini bu yerlere çıkarabilmek mümkün olsa bile sarp ve çok dik arazi koşullarında bu makineleri çalıştırabilmek ve dik delik delebilmek olası değildir. Çok sarp olan arazi yapısı tabancalarla delinerek patarlansa bile çok dik eğime sahip bu arazilerde patarlanan yüzeyleri düzeltilmek için dozer vb. iş makineleri çalıştırmakta mümkün değildir. Bu nedenle patlatma işlemine tabi tutulan bu yapı veya kütlelerde yatay delikler delinerek ateşleme yapılması mümkündür. Ve bu yatay delik delme işlemi galeri yöntemi ile daha kolay gerçekleştirilebilir. Çünkü bilineceği üzere delik delme makineleri ile yatay veya yataya yakın eğime sahip olan zeminlerde, üstten alta doğru dik veya dike yakın delikler delmek suretiyle çalışma yapılabilir. Delik delme makinelerinin gerek kademe yolu oluşturma safhasında gerekse kademe sahalılarını oluşturma safhasında, dik ocak aynalarında yatay delik delecik şekilde çalıştırılması durumunda birçok sakınca ortaya çıkmaktadır:

- Yatay olarak yapılan delme işlemlerinde uzun delikler delinememektedir.
- Yatay olarak delinen delikler verimli doldurulamamaktadır.
- Ocak aynasının sadece alt kısımlarına delik delinebilip üst kısımlarına delik delinememektedir.
- Kazı aynasının üst kısımlarında kalan malzemenin alınabilmesi için aynanın alt kısımlarına gereğinden fazla delik delinmesi ve bu deliklere fazla miktarda patlayıcı madde doldurulması gerekmektedir.
- Bu nedenle patlatma sonrası ocak aynasının alt kısımlarında kalan malzemenin fazla ufulanması, üst kısımlarda kalan malzemenin ise askıda kalması gibi durumlar söz konusu olmaktadır.
- Bu durum yatay delik delme işlemi sırasında delik delme makinesi ve operatör için tehlike unsuru taşıdığından işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından uygun olmamaktadır.

- Sonuç olarak yatay olarak delinen delikler amaçlanan işe hizmet etmemekte, verimli ve ekonomik olmamaktadır.

Yatay delik delme işlemlerinde ortaya çıkan olumsuzluklar nedeniyle dik ocak aynalarında delik delme makineleri ile delik delme işlemindeki sorunlar nedeniyle dik arazi yapısına sahip ocak sahalalarında, alttan yukarı doğru ilerleyen bir çalışma tarzı gerektiren, kademeli işletme yöntemlerinin teşkil edilmesi sırasında galeri yöntemini kullanarak delme ve patlatma yapılması, delik delme makineleri kullanarak yapılacak olan delme ve patlatma işlemlerine tercih edilmektedir.

Sarp ve dik arazilerde işletme yönteminin ocak sahasına teşkil edilmesinden sonra, ocak sahasındaki tüm kademe sahalalarında yatay veya yataya yakın çalışma alanlarının oluşturulduğu göz önüne alınırsa, bu aşamadan sonra taş ocaklarında delik delme makineleri ile delme ve patlatma işlemi yapılarak üretim gerçekleştirilebilir.

6 TAŞ OCAKLARINDA KADEME YOLLARI VE OLUŞTURMA METOTLARI

Taş ocak sahalalarında kademeli işletme yöntemlerinin uygulanabilmesi için sadece basamakların oluşturulması yeterli olmamakta, bu basamakların teşkil edilebilmesi ve basamaklar arasında bağlantıların sağlanabilmesi için kademe yollarının da teşkil edilmesi gerekmektedir.

Sarp ve dik arazi yapısına sahip sahalarda, ocak sahasının üst kotlarına direkt ulaşılmasını sağlayan kademe yollarının, ocak sahasının ilk çalışmalara başladığı alt ana kademe sahasında teşkil edilmeye başlanması uygun olacaktır.

Kademe yollarının yapımına, ocak sahasının en alt kısmında yer alan ana kademe sahasında başlanması halinde:

- Kademe yollarını teşkil etmek için ocak sahasının dışında farklı yerlerde çalışma yapılmasına gerek kalmayacak
- Ocak sahasının dışında başka kamulaştırılmaya ihtiyaç duyulmayacak
- Çok uzun kademe yollarının yapılmasına gerek kalmayacak, teşkil edilen kademe yolları çok kısa olacak
- Sarp ve dik arazi koşullarında çok zor şartlar altında kademe yolları yapılmasına gerek kalmayacak
- Kademe yollarının yapımına hemen başlanabilecek
- Kademe yolları çok kısa zamanda ve çok kolay bir şekilde teşkil edilebileceğinden yapım maliyetleri çok düşük olacak
- Kademe yollarının yapımına başlanması ile birlikte malzeme üretim çalışmalarına da

hemen başlanabilecek ve bu yolların teşkili sırasında da üretim çalışmalarında aksama olmayacaktır.

Ocak sahalalarında kademeler her ne kadar iyi teşkil edilirse edilsin, plansız ve düzensiz bir şekilde açılmış olan kademe yolları, taş ocağında yapılan tüm çalışmaları olumsuz yönde etkileyeceğinden kademeli çalışma yönteminin de etkin ve verimli bir şekilde kullanılması engellenmiş olacaktır.

6.1 Kademe Yollarının Yapım Tekniği

Bilindiği üzere taş ocaklarındaki üretim galeri yöntemi ile yapıyorsa, yapılan galeri ateşlemelerinden verim alınabilmesi için, kademe yüksekliklerinin 25-30 m. arasında olması gerekmektedir. Bu yükseklikte teşkil edilen kademe sahalarına ulaşılmasını sağlayan kademe yollarının eğimi, ocaktaki iş makinelerinin rahat iniş ve çıkışını sağlayacak, çalışmalara engel olmayacak şekilde teşkil edilmesi gerekmektedir.

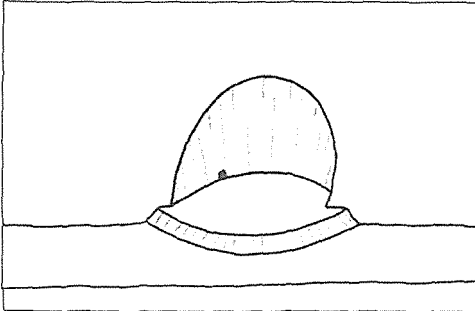
Arazi şartlarında nakliye kamyonlarının ve iş makinelerinin zorlamadan inip-çıkmasını sağlayan en uygun yol eğimi % 10 civarındadır. En ideal kademe yüksekliği olan 25 m. yüksekliğe ulaşılmasını sağlayacak kademe yolunun uzunluğu ise, yolun % 10 eğimde sürülmesi halinde yaklaşık 250 m. civarında olmaktadır. Arazi koşullarının 250 m. uzunluğunda kademe yolu teşkil edilmesine olanak vermediği durumlarda yolun eğimi % 13'e kadar artırılıp, kademe yolunun uzunluğu 200 m. civarına indirilebilir.

Bu uzunluktaki bir kademe yolu düz hat olarak oluşturabileceği gibi, yol uzunluğunun yaklaşık yarısına denk gelen mesafede, arazi koşullarının uygun olduğu bir yerde lase yapılarak yol ters yönde çevrilir ve iki aşamada istenilen yüksekliğe ulaşılmış olur.

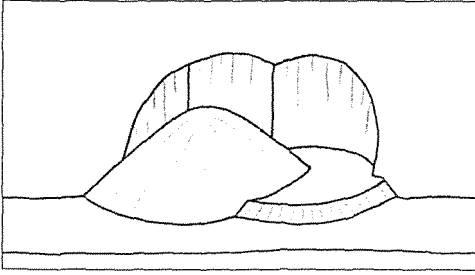
Taş ocaklarında kademe sahaları arasında bağlantıyı teşkil eden kademe yollarını "Laseli" ve "Düz" olmak üzere iki şekilde teşkil edebiliriz.

6.2 Lasel Kademe Yol Yapım Metodu

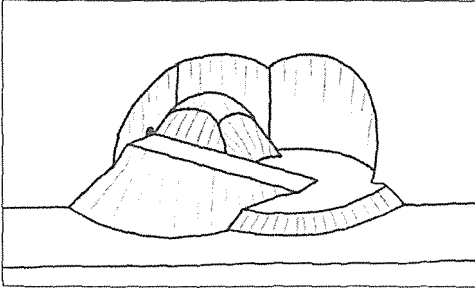
Bu yöntemde, ocak sahasının taban kotunda yapılan galeri ateşlemeleri ile, uygun genişlikte ana kademe sahasının oluşturulmasına müteakip (Şekil 8), ana kademe sahasının kademe yolları teşkil edilmesi planlanan tarafında yapılan galeri ateşlemesinden (Şekil 9) çıkan malzemenin ocak aynası tarafındaki kısımları imalatlarda kullanılmak üzere alınırken, ocak sahasının dışında doğru olan bölgedeki malzemeler iş makinesi ile araçların çıkabileceği uygun eğimde düzenlenerek ana kademe sahasını, üst tarafa teşkil edilecek kademe sahasına bağlayacak olan kademe yolunun başlangıç kısmını oluşturmuş olunur (Şekil 10).



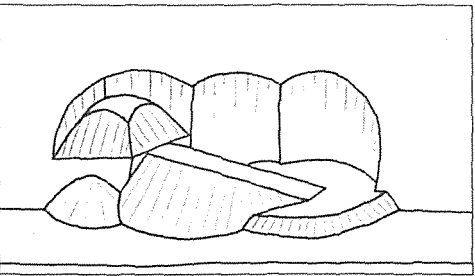
Şekil 8. Ocak sahasının taban kotunda galeri ateşlemeleri ile teşkil edilen ana kademe sahası



Şekil 9. Ana kademe sahasının kademe yolu yapılması planlanan tarafında yapılan galeri ateşlemesi



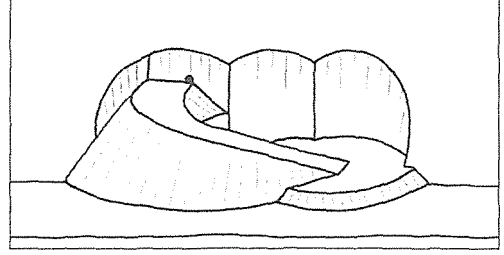
Şekil 10. Ana kademe sahasında kademe yolunun başlangıç kısmının oluşturulması



Şekil 11. Kademe yolunu teşkil edilebilmek amacıyla yapılan ikinci galeri ateşlemesi

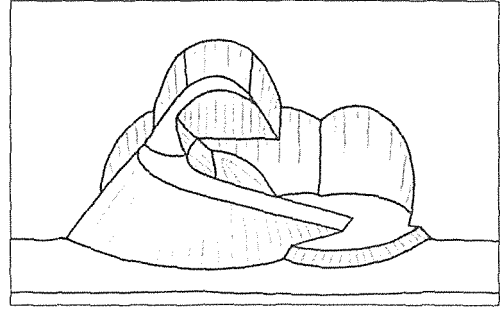
İlk galeri ateşlemesinden çıkan malzeme ile yapılmak istenen kademe yolunun başlangıç kısmı uygun eğimde düzenlendikten sonra, bu yolun yan ocak aynasına dayandığı kotta ikinci bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 11).

Yapılan bu ikinci galeri ateşlemesinden çıkan malzeme de yol çalışması yapılırken, kademe yolunun yönü ocak aynasına doğru dönecek şekilde düzenlenir (Şekil 12).

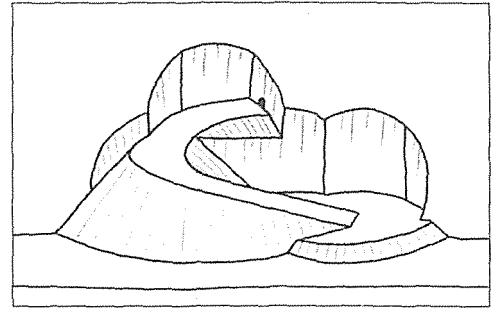


Şekil 12. Kademe yolunun ocak aynasına doğru döndürülmesi

Yönü ocak aynasına doğru çevrilerek ilerletilen kademe yolu, ocak aynasına dayandığı kotta 3. bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 13).



Şekil 13. Kademe yolunun teşkil edilebilmesi amacıyla yapılan üçüncü galeri ateşlemesi

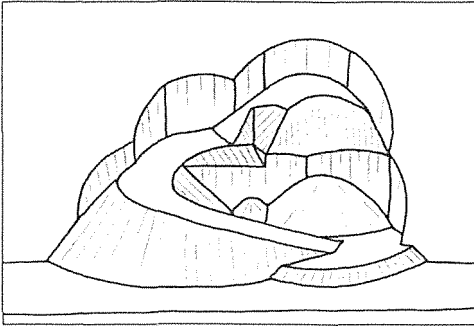


Şekil 14. Kademe yolunun ters istikamete çevrilmesi

Üçüncü galeri ateşlemesinden çıkan malzemede yol çalışması yapılırken, ocak aynasına doğru çevrilen kademe yolunun yönü bir kez daha çevrilerek, yolun yönü, başlangıç aşamasındaki istikametinin tam tersi istikametine yönlendirilmesi sağlanır (Şekil 14).

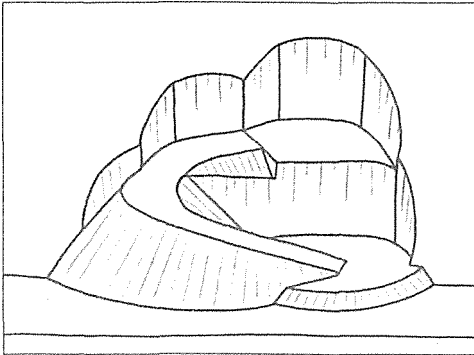
Bu işlemden sonra, ana kademe sahasının üstünde teşkil edilmesi planlanan kademe sahasının oluşturulabileceği yüksekliğe ulaşana kadar kademe yolu uygun eğimde ilerletilir (Şekil 14).

Üst tarafta teşkil edilmesi planlanan kademe sahasının oluşturulacağı kota gelindiğinde, bu noktada üstteki kademe sahasını oluşturmak amacı ile bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 15).



Şekil 15. Üst kademe sahasının teşkil etmek amacıyla yapılan galeri ateşlemesi

Bu galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin alınarak üstteki kademe sahasının teşkil edilmesi ile "Laseli metot" yöntemiyle kademe yolu oluşturma işlemini tamamlamış olunur (Şekil 16).

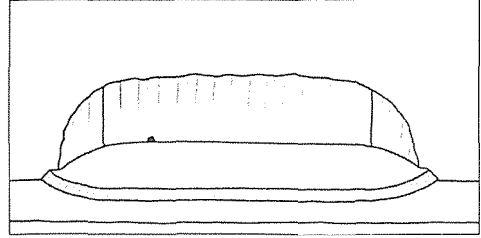


Şekil 16. Üst kademe sahasının teşkil edilerek kademe yolunu tamamlanması

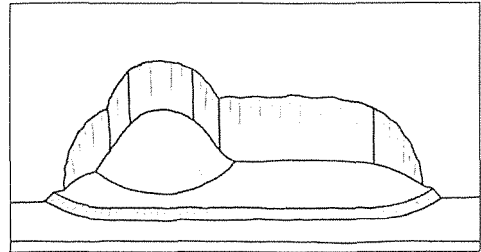
6.3 Düz Kademe Yolu Yapım Metodu

Bu yöntemde, ocak sahasının taban kotunda yapılan galeri ateşlemeleri ile teşkil edilen ana kademe sahası, kademe yolunu oluşturmaya olanak verecek

kadar yeterli mesafe ilerletildikten sonra (Şekil 17) ana kademe sahasında taş üretimi amacıyla herhangi bir ateşleme yapılmayarak kademe sahasının ilerletilmesi durdurulur ve ocak sahasının kademe yolları teşkil edilmesi planlanan tarafında galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 18).

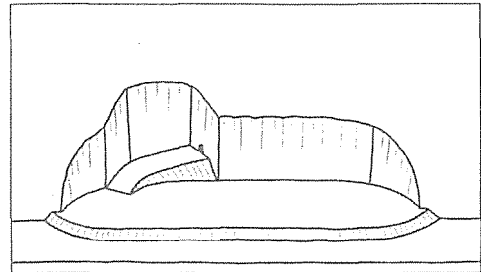


Şekil 17. Ana kademe sahasının, kademe yolunu oluşturmaya olanak verecek kadar ilerletilmesi



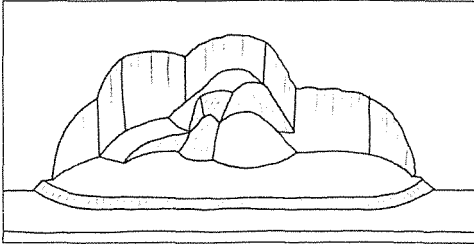
Şekil 18. Ana kademe sahasının kademe yolu yapılması planlanan tarafında yapılan galeri ateşlemesi

Yapılan galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin ocak sahasının dışına doğru olan bölgedeki malzemeler, imalatlarda kullanılmak üzere alınırken, ocak aynası tarafındaki kısımlar Şekil 19'da gösterildiği gibi yukarı eğimli olarak düzenlenir.



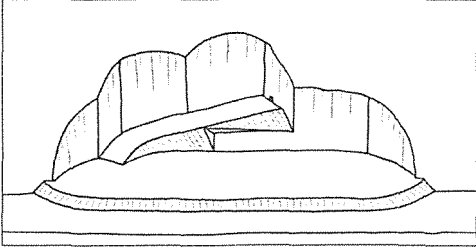
Şekil 19. Ana kademe sahasında kademe yolunun başlangıç kısmının oluşturulması

İlk galeri ateşlemesinden çıkan malzeme ile başlangıç kısmı düzenlenen kademe yolunun yan ocak aynasına dayandığı kotta ikinci bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 20).

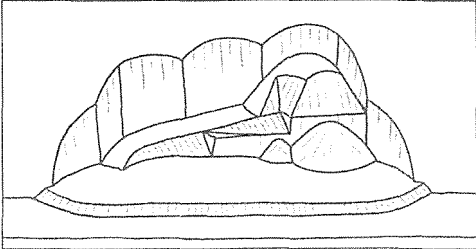


Şekil 20. Kademe yolunu teşkil edilebilmek amacıyla yapılan ikinci galeri ateşlemesi

İkinci galeri ateşlemesinden çıkan malzemede yapılan çalışma ile kademe yolu, ocak aynasına paralel olarak, ocak sahasının ilerleme yönü istikametinde uygun eğimde yükseltılarak ilerletilir (Şekil 21) ve kademe yolunun, ocak yan aynasına dayandığı kotta 3. bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 22).

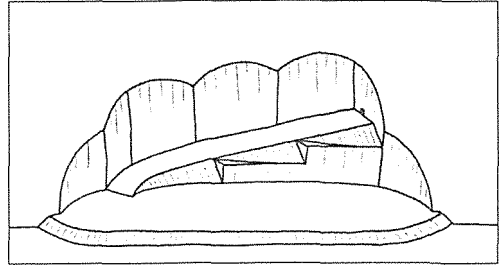


Şekil 21. İkinci galeri ateşlemesinden çıkan malzemede kademe yolunun ocak aynasına paralel şekilde ilerletilmesi



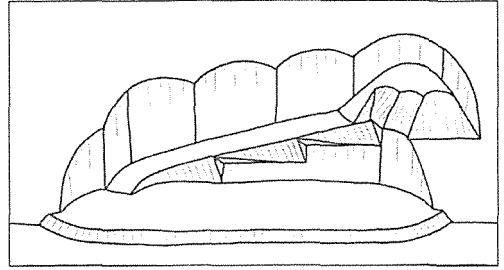
Şekil 22. Kademe yolunun teşkil edilebilmesi amacıyla yapılan üçüncü galeri ateşlemesi

Üçüncü galeri ateşlemesinden çıkan malzeme ile, kademe yolu ocak aynasına paralel olarak, ocak sahasının ilerleme yönü istikametinde ilerletilerek, üst tarafta teşkil edilmesi planlanan kademe sahasının oluşturulacağı kotta kadar yükseltilmesi sağlanır (Şekil 23).

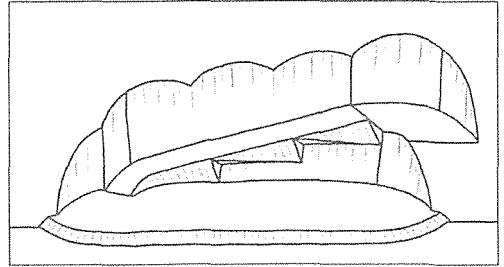


Şekil 23. Kademe yolunun üçüncü üst kademe sahası kotuna kadar ilerletilmesi

Kademe yolunun, ocak yan aynasına dayandığı kotta 3. bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 24). Bu noktada yapılan galeri ateşlemesi ile üstteki kademe sahası oluşturulur (Şekil 25).



Şekil 24. Üst kademe sahasının teşkil edilmesi amacıyla galeri ateşlemesinin yapılması



Şekil 25. Kademe yolu teşkil etme çalışmalarının tamamlanarak üst kademe sahasının oluşturulması

7 TAŞ OCAKLARINDA KADEMELİ İŞLETME SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

Sarp ve dik arazi yapısına sahip ocak sahaslarında, kademeli işletme sisteminin sorunsuz ve kolayca adapte edilebilmesi sağlayan bu yöntemde, öncelikle ocak sahasının en alt kısmında, ana kademe sahası ve kademe yolu oluşturulmakta, sonraki aşamada ise

ocak sahasının üst kısımlarına doğru diğer kademe sahaları ve kademe yolları teşkil edilecek şekilde çalışmalar yürütülmektedir.

En alt kattan başlayarak, en üst kata doğru kademe sahalarının ve kademe yollarının teşkil edilmesine dayanan bu uygulamada dikkat edilecek husus, daha önce teşkil edilmiş olan bir alt kattaki kademe sahasının üzerinde yeni bir kademe sahası oluşturulmaya başlandığı andan itibaren, bir alttaki kademe sahasında taş üretim faaliyetlerine devam edilmemeli ve kademe sahası ilerletilmemeli, üst kotta yeni oluşturulmaya başlanan kademe sahasının ilerletilmesi çalışmalarına ağırlık verilmelidir.

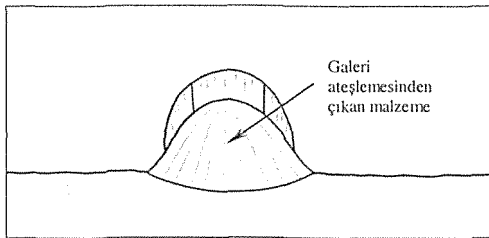
Yani, alt kotta oluşturulmuş bir kademe sahası çok fazla ilerletilmeden, bir üstteki kademe sahası teşkil edilmeli ve her zaman üstteki kademe sahasının, alttaki kademe sahasının önünde yer alması sağlanmalıdır.

Yeni açılan bu üstteki kademe sahasının ilerletilerek bir alt kattaki kademe sahasının önünde yer alması sağlandıktan sonra alttaki kademe sahasında taş üretimi amacıyla tekrar ateşleme yapılabilir. Yani en üstteki kademe sahası en ilerde, en alttaki kademe sahası en geride olacak şekilde üretim çalışmalarına devam edilerek kademeler ilerletilir.

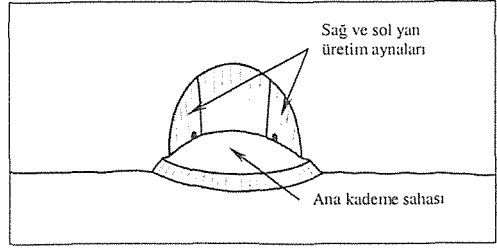
1. Aşama: Ana kademe sahasının oluşturulması ve genişletilmesi

Taş ocağında kısa sürede üretime başlamak ve kademeli çalışma sistemini ocak sahasına teşkil etmek için, çalışma sahasının en rahat ulaşılabilen ve kolay çalışma yapılabilen alt kısmında ve saha sınırına yakın bir bölgede yapılacak olan galeri ateşlemesi ile (Şekil 26) hem ihtiyaç olan malzemeyi ilk anda temin etmiş, hem de kademe yolu oluşturulmasına olanak sağlayacak uygun genişlikte ana kademe sahasını teşkil etmiş olur.

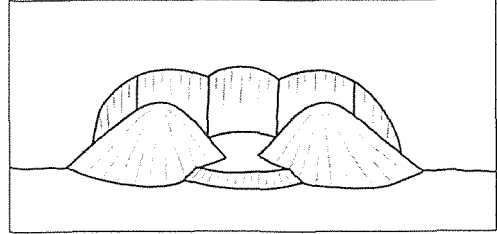
Galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin imalatta kullanılmak üzere alınarak ana kademe sahasının teşkil edilmesinden sonra (Şekil 27), galeri ateşlemeleri ile ilgili uygulamalara riayet edilerek, ana kademe sahasının sağ ve sol yan üretim aynalarında aynı anda iki galeri ateşlemesi yapılarak (Şekil 28) ana kademe sahasının ocak sahası boyunca genişletilmesi sağlanır.



Şekil 26. Taş ocağında ana kademe sahasının oluşturulması için yapılan galeri ateşlemesi



Şekil 27. Taban kotunda oluşturulan ana kademe sahası

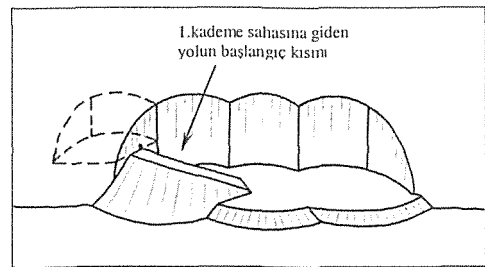


Şekil 28. Ana kademe sahasının sağ ve sol yan üretim aynalarında yapılan galeri ateşlemeleri

Ana kademe sahası oluşturulduktan sonra, ana kademe sahası ocağın iç derinliklerine doğru genişletilmeyecek, ocak sahası boyunca ilerlemesi sağlamak için sağ ve sol yan üretim aynalarında galeri ateşlemeleri yapılacaktır. Ana kademe sahasının, ocak sahasının iç derinliğine doğru ilerletilmesi durumunda, üst kotlarda teşkil edilecek olan kademe sahalарının oluşturulması sırasında sıkıntı yaşanacaktır.

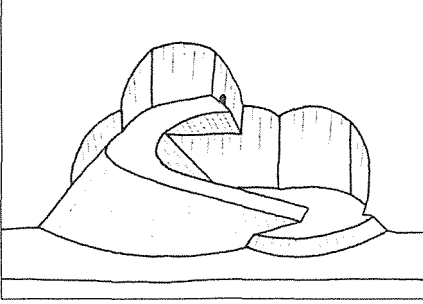
2. Aşama: 1. Kademe yolunun oluşturulması

Ana kademe sahasında yapılan galeri ateşlemelerinden sağdaki galeri ateşlemesinden çıkan malzeme imalatta kullanılmak üzere alınarak ana kademe sahasının ocak sahası boyunca genişletilmesi sağlanır. Sol yan üretim aynasında yapılan galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin bir kısmı 1.kademe sahasına ulaşmamızı sağlayacak yolun başlangıcını teşkil edecek şekilde düzenlenirken (Şekil 29), kalan malzemeler imalatta kullanılmak üzere alınır.



Şekil 29. 1.kademe yolunun başlangıç kısmının oluşturulması

Daha sonra kademe yolları yapım metodunda anlatılan "Laseli yol yapım metodu" ile ana kademe sahasını 1.kademe sahasına bağlayan kademe yolu oluşturulur (Şekil 30).

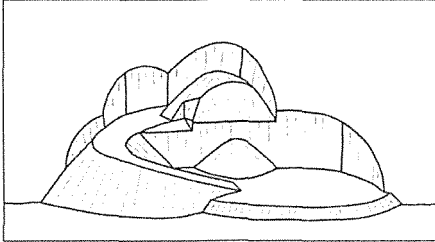


Şekil 30. 1.kademe yolunun teşkil edilmesi

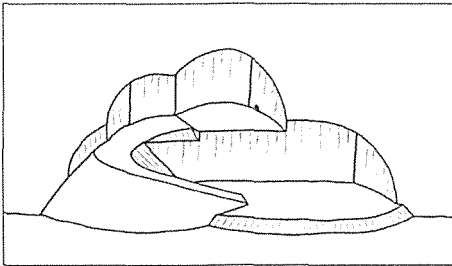
Burada dikkat edilmesi gereken husus, 1.kademe sahasına ulaşmamızı sağlayan 1.kademe yolu oluşturulmaya başlandığı andan itibaren ana kademe sahasında taş üretimi amacıyla herhangi bir galeri ateşlemesi yapılmamalı ve ana kademe sahası ilerletilmemelidir.

3. Aşama: 1.Kademe sahasının oluşturulması ve genişletilmesi

1. kademe yolu, 1.kademe sahasını teşkil etmeyi düşündüğümüz yüksekliğe ulaştıktan sonra bu noktada 1.kademe sahasının oluşturmak için bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 31).

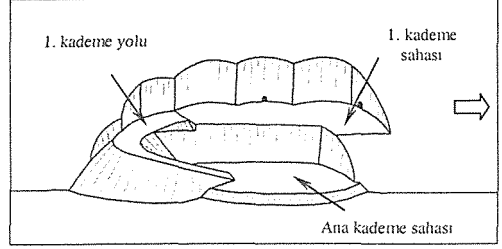


Şekil 31. 1.kademe sahasını oluşturmak için yapılan galeri ateşlemesi



Şekil 32. Galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin alınarak 1.kademe sahasının oluşturulması

Yapılan bu galeri ateşlemesinden çıkan malzeme imalatla kullanılmak üzere alınarak 1.kademe sahası oluşturulmuş olur (Şekil 32).

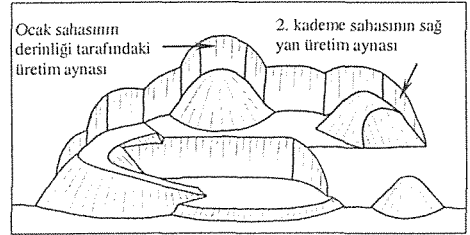


Şekil 33. 1.kademe sahasının ilerletilerek ana kademe sahasının önünde yer alması

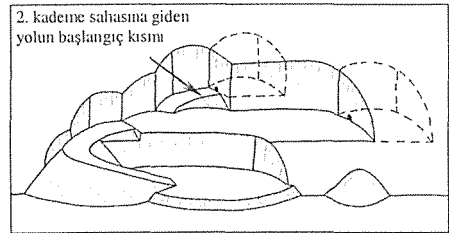
1.kademe sahasının sağ yan üretim aynasında yapılacak galeri ateşlemeleri ile 1. kademe sahası ocak sahası boyunca ilerletilerek ana kademe sahasının önünde yer alması sağlanmalıdır (Şekil 33). Ocak sahasında yürütülecek olan tüm işletme faaliyetlerinin sonuna kadar 1.kademe sahası ilerde, ana kademe sahası onun gerisinde olacak şekilde kademelerde taş üretimi yapılmalıdır.

4. Aşama: 2.Kademe yolunun oluşturulması

1.kademe sahasının, ocak sahası boyunca ilerletilerek ana kademe sahasının önünde yer alması sağlandıktan sonra, 1.kademe yolunun, 1.kademe sahasına ulaştığı noktaya yakın bir bölgede ocak sahasının derinliği tarafındaki aynada, 2.kademe sahasına ulaşmamızı sağlayacak yolu teşkil etmek amacı ile bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 34).



Şekil 34. 2.kademe yolunu teşkil etmek amacı ile yapılan galeri ateşlemesi

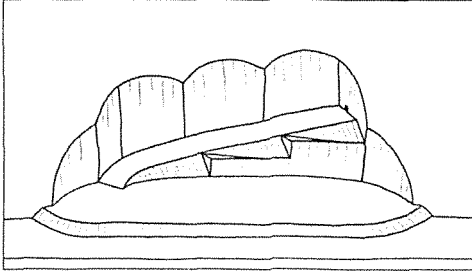


Şekil 35. 1.kademe yolunun başlangıç kısmının oluşturulması

Aynı anda 1. kademe sahasının, sağ yan üretim aynasında da bir galeri ateşlemesi yapılarak 1.kademe sahasının ocak sahası boyunca ilerletilmesi sağlanır.

2.kademe sahasında yapılan galeri ateşlemelerinden sağdaki galeri ateşlemesinden çıkan malzeme imalatta kullanılmak üzere alınarak 2.kademe sahasının ocak sahası boyunca genişletilmesi sağlanır. Ocak sahasının derinliği tarafındaki üretim aynasında yapılan galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin bir kısmı 1.kademe sahasına ulaşmamızı sağlayacak yolun başlangıcını teşkil edecek şekilde düzenlenirken (Şekil 35), kalan malzemeler imalatta kullanılmak üzere alınır.

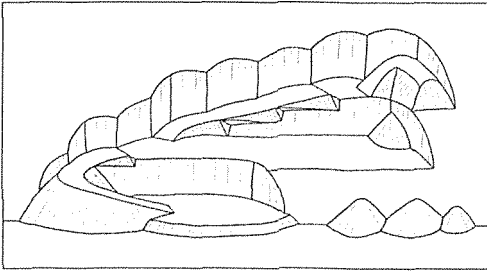
Daha sonra kademe yolları yapım metodunda anlatılan "Düz Kademe Yolu Yapım Metodu" ile 1.kademe sahasını 2.kademe sahasına bağlayan yol teşkil edilir (Şekil 36)



Şekil 36. 2.kademe yolunun teşkil edilmesi

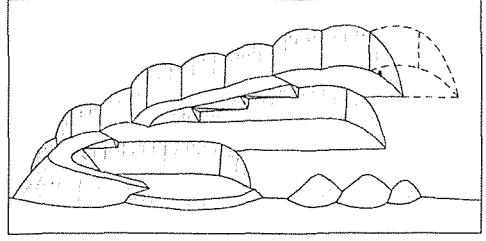
5. Aşama: 2.Kademe sahasının oluşturulması ve genişletilmesi

2.kademe yolu, 2.kademe sahası için planlanan yüksekliğe ulaştıktan sonra 2. kademe sahası oluşturmak için bir galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 37).



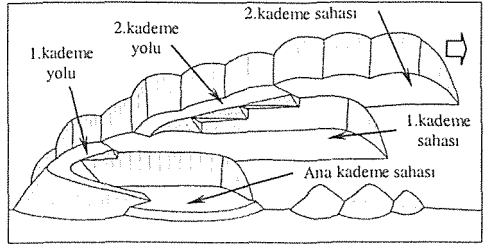
Şekil 37. 2.kademe sahasını oluşturmak için yapılan galeri ateşlemesi

Yapılan bu galeri ateşlemesinden çıkan malzeme imalatta kullanılmak üzere alınarak 2.kademe sahası oluşturulmuş olur (Şekil 38).



Şekil 38. Galeri ateşlemesinden çıkan malzemenin alınarak 2.kademe sahasının oluşturulması

2.kademe sahasının sağ yan üretim aynasında yapılacak galeri ateşlemeleri ile 2.kademe sahası ocak sahası boyunca ilerletilerek 1.kademe sahasının önünde yer alması sağlanmalıdır (Şekil 39).

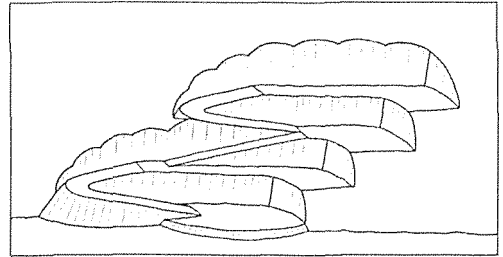


Şekil 39. 2.kademe sahasının ilerletilerek 1.kademe sahasının önünde yer alması

Ocak sahasında yürütülecek olan tüm işletme faaliyetlerinin sonuna kadar 2.kademe sahası ilerde, 1.kademe sahası onun gerisinde olacak şekilde kademelerde taş üretimi yapılmalıdır.

6. Aşama: 3. kademe yolunun ve 3. kademe sahasının oluşturulması

Ocak sahasında 1. ve 2. kademe sahaları teşkil edilip, kademe sahalalarında taş üretimi yapılırken, ihtiyaç gösterirse ocak sahasında 3. kademe sahası da teşkil edilebilir. 3.kademe sahasına ulaşılmasını sağlayacak olan 3. kademe yolu teşkil edilmesi safhasında, ocak sahasının durum ve koşullarına bağlı olarak, yol yapım metodlarından biri tercih edilerek 3.kademe yolu ve sonrasında 3.kademe sahası teşkil edilir (Şekil 40).



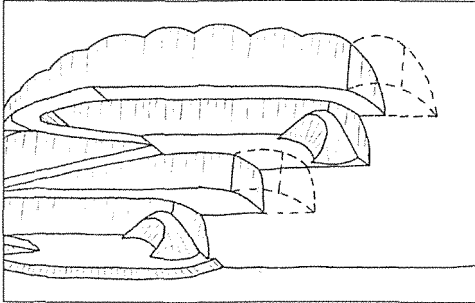
Şekil 40. 3.kademe yolu ve sahasının teşkil edilmesi

8 KADEMELERDE ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE MALZEME ÜRETİMİ

Ocak sahasında kademe oluşturma çalışmaları sona erdikten sonraki üretim aşamasında, kademe sahalarının ve kademe yollarının teşkili sırasındaki uygulamanın tam tersi yapılarak, öncelikle en üst kademe sahasında üretim çalışmaları yapılmakta, bu kademe sahasının diğer kademe sahalarına nazaran daha önde ilerlemesi sağlanmakta, daha sonra sırası ile diğer alt kademelerde taş üretim çalışmalarına devam edilmektedir.

Arazinin topoğrafik yapısı nedeniyle, yeni teşkil edilecek kademe sahaları galeri yöntemi yardımıyla oluşturulurken, daha alt kotta kalan ve daha önce oluşturulmuş olan kademe sahalarında, bir üstteki kademe sahasının ilerlemesine paralel olarak delme makineleri kullanılarak taş üretimi yapılabilir.

Bu sistemde kesinlikle alt kotta yer alan kademedeki üretim aynası hızlı ilerletilerek üst tarafında yer alan kademe sahasındaki üretim aynasını geçmemeli, daima üstteki kademe sahasında yükleme yapılabilecek, makinelerin güvenli çalışmasını sağlayacak uygun genişlikte bir alan bırakılmalıdır. Her kademede yapılan tüm faaliyetler birbirini etkilemeyen bağımsız çalışmalar olmalıdır.

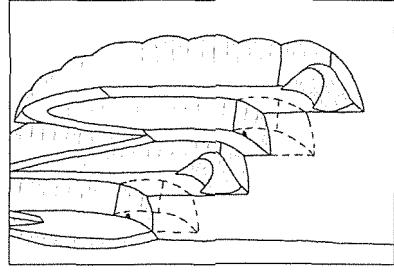


Şekil 41. Kademe sahalarında delme ve yükleme faaliyetleri

Ana kademe sahası dahil dört kademe sahasını içeren taş ocaklarında iki kademe sahasında delme çalışmaları yapılırken, diğer iki kademe sahasında yükleme faaliyetleri yürütülür (Şekil 41).

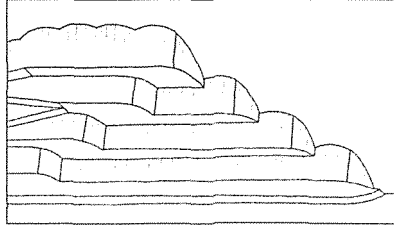
Bir sonraki aşamada delme çalışmaları yapılan kademelerde ateşleme yapılarak, bu kademe sahalarında yükleme faaliyetlerine geçilirken, bir önceki aşamada yükleme faaliyetleri yapılan kademede delme faaliyetlerine geçilir (Şekil 42).

Taş ocaklarında kademe sahalarının ocak sahası dışına doğru olan bölümleri, Şekil 43'de görüleceği gibi malzeme üretimi yapılarak, üst tarafta yer alan kademe sahasının önüne geçecek şekilde ilerletilebilir.



Şekil 42. Kademe sahalarında delme ve yükleme faaliyetleri

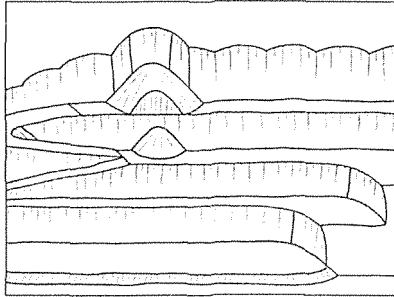
Alt tarafta yer alan kademe sahasının bu bölümünün üstteki kademe sahasından ilerde teşkil edilmesinin herhangi bir mahsuru yoktur. Aksine yapılan bu uygulama ile ocak sahasındaki üretim, ayna sayısı daha da artırılarak, kademe sahalarında yapılan ateşlemeler sırasında çıkan malzemeler bir alttaki kademe sahasına düşerek, dere yataklarına veya yola malzeme düşmesi engellenmiş olacaktır.



Şekil 43. Kademelerdeki ocak sahası dışına doğru olan bölümlerin, üst kademe sahasından önde tutulması

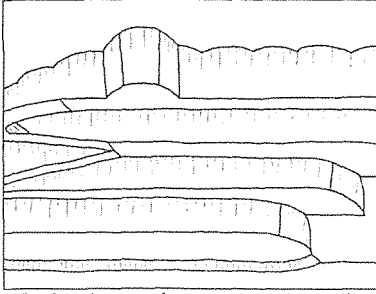
8.1 Kademe Sahalarının Genişletilmesi

Kademeli sistem teşkil edilmiş olan taş ocaklarında, kademe sahaları yukarıda anlatılan uygulama ile ocak sahası boyunca ilerletilirken, en üstte yer alan 3.kademe sahasında, 3.kademe yoluna yakın noktada ocak aynasının derinliğine doğru olan aynada galeri ateşlemesi yapılır (Şekil 44).



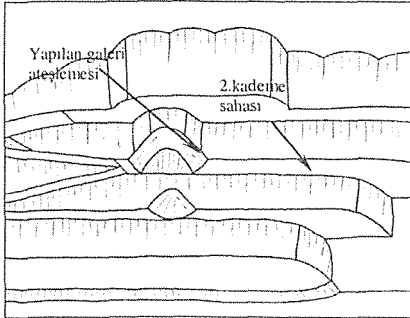
Şekil 44. 3.kademe sahasını ocak derinliğine doğru genişletmek için yapılan galeri ateşlemesi

Yapılan bu galeri ateşlemesinden çıkan malzeme alınarak 3.kademe sahası ocak derinliğine doğru genişletilerek 3.kademe sahasında ikinci bir çalışma sahası oluşturulmuş olur (Şekil 45).



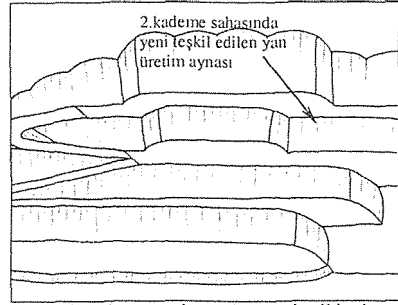
Şekil 45. 3.kademe sahasını ocak derinliğine doğru genişleterek ikinci bir üretim aynasının oluşturulması

3.kademe sahasında yeni teşkil edilen bu çalışma sahasının sağ tarafındaki yan üretim aynasında yapılan ateşlemelerle yeni teşkil edilen bu çalışma sahası ocak sahası boyunca ilerletildikten sonra, 2.kademe sahasında, 3.kademe sahasında yapıldığı gibi 2.kademe yoluna yakın bir noktada ocak aynasının derinliğine doğru olan aynada galeri ateşlemesi yapılarak 2.kademe sahası da ocak derinliğine doğru genişletilir (Şekil 46).

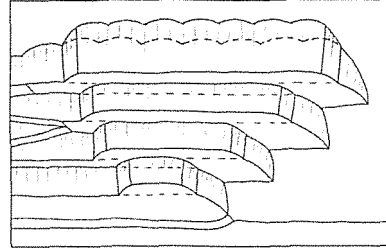


Şekil 46. 2.kademe sahasını ocak derinliğine doğru genişletmek için yapılan galeri ateşlemesi

Yapılan bu galeri ateşlemesinden çıkan malzeme alınarak 2.kademe sahası hem ocak derinliğine doğru genişletilmiş olur hem de 2.kademe sahasında da ikinci çalışma sahası teşkil edilmiş olur. 2.kademe sahasında yeni teşkil edilen bu çalışma sahasının sağ tarafındaki yan üretim aynasında yapılan ateşlemelerle yeni teşkil edilen bu çalışma sahası ocak sahası boyunca ilerletilir (Şekil 47). Her iki kademe sahasında yapılan bu uygulamalara, diğer kademe sahalarında da devam edilerek tüm kademe sahalarında ikinci bir çalışma sahaları yaratılarak, dört kademeli bir sahada 8 üretim aynası oluşturulmuş olur (Şekil 48).



Şekil 47. 2.kademe sahasında ocak ikinci çalışma sahasının oluşturulması ve ilerletilmesi



Şekil 48. Kademeli işletme sisteminde tüm kademe sahalarında ikinci çalışma alanlarının oluşturulması

9 SONUÇLAR

- Doğu Karadeniz Bölgesinde işletilmekte olan taş ocaklarında yapılmakta olan uygulamalar göstermiştir ki, kademeli çalışmaya bağlı olarak yürütülen taş üretim çalışmaları, ocak sahasında emniyetsiz çalışma ortamlarının yaratılmasına, yapılan tüm faaliyetlerin risk ve tehlike altında yürütülmesine, yapılan ateşlemelerden çevreye zarar verecek şekilde gerçekleştirilmesine, imalata uygun malzeme temin edilememesine, ocak sahalarının verimli kullanılmayıp köreltilmesine neden olmaktadır.
 - Yukarıda ifade edilen olumsuzluklar göz önüne alındığında, şartlar ne olursa olsun, arazi topografyasının özelliklerine bakılmadan, taş ocaklarında kademe oluşturulmasının gerektiği koşulsuz kural olarak kabul edilmeli, üretim çalışmalarının kademeli işletme yöntemlerine dayalı olarak yürütülmesi prensip edinilmelidir.
- Sonuç olarak taş ocak işletmeciliğinde, kademe oluşturma işleminin çok zor ve külfetli olacağı, kademeli sistemde çalışmanın yapılamayacağı yargısının aksine, gerçekçi ve uzun vadeye dayanan ocak işletme planlarının hazırlanmasıyla, Doğu Karadeniz Bölgesi gibi çok dik ve sarp arazi yapısına sahip taş ocak sahalarında bile kademeli işletme sistemlerinin teşkil edilmesinin ve üretim çalışmalarının bu paralelde yürütülmesinin sanıldığı kadar çok zor olmadığı anlaşılabacaktır.

Harşit Çayı Üzerinde Bulunan Kum Çakıl Ocaklarının İncelenmesi

E. Kahraman

Espiye Yılmazlar İnş. Malz. San. Tic. A.Ş., Giresun

ÖZET: Ülkemizde, inşaat sektöründeki büyümeye paralel olarak inşaat hammaddesi (kum çakıl) gereksinimi ve tüketimi her yıl artış göstermektedir. Kum, çakıl (agrega) beton hacminin % 60-80' ini oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi arazi yapısından kaynaklanan zorluklar nedeniyle, diğer bölgelerin aksine agrega ihtiyacının çoğunluğundan taşocakları yerine dere yataklarından karşılanmaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesindeki akarsularımızdan Harşit Çayında mevcut kum çakıl ocaklarının üretim yöntemleri, pazarlamadaki problemleri ve tesis işletmedeki sıkıntıları irdelenmiş ve işletme tecrübeleri göz önünde bulundurularak çözüm önerileri sunulmuştur.

ABSTRACT: In Turkey, parallel to the development in the construction sector the need to construction material increases in each year. Sand and gravel constitutes approximately 60-80 % of the mix in the average concrete applications. As a result of the topographical conditions of the region, sand and gravel need is supplied mainly from the river beds contrary to the other parts in the country. In this paper, production methods, marketing problems and plant operating problems of the sand-gravel plants on the Harşit river are examined. In addition taking into account the operating experiments, solutions to the problems are suggested

1 GİRİŞ

Ülkemizde inşaat sektörü her geçen yıl biraz daha büyümektedir. Bu büyümeye bağlı olarak inşaat hammaddesi tüketimi ülkemizde taşocaklarından, dere yataklarından ve denizden elde edilmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin arazisinin engebeli olması, taşocağı ile kum çakıl üretimini zorlaştırmaktadır. Bölgede akarsuların bol bulunması ve taşıdıkları malzemelerinin inşaat hammaddesi olarak kullanılabilir olması nedeniyle dere yataklarından üretim yapılmaktadır.

2 HARŞİT ÇAYI ÜZERİNDE FAALİYET GÖSTEREN KUM-ÇAKIL OCAKLARI

Doğu Karadeniz Bölgesi taşocak malzemesi açısından oldukça zengin, işletmecilik açısından ise bir hayli sıkıntılı bir bölgemizdir. İşletmecilik açısından bu zorluklar bölgenin tamamen topoğrafik yapısından kaynaklanmaktadır (Yılmaz, vd., 2002). Bölgede bol sayıda akarsu bulunması, kum çakıl ocaklarının ilk yatırım maliyetlerinin, taşocakları ilk yatırım maliyetleri yanında küçük olması nedeniyle kum çakıl ocaklarından inşaat malzemelerinin temini kolaylıkla yapılabilir.

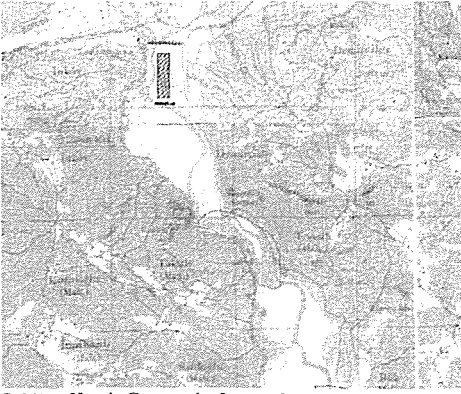
Harşit Çayı, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Tirebolu İlçesi' nde bulunan taşıdığı malzeme inşaat hammaddesi bakımından oldukça kaliteli olan bir akarsudur. Kum-çakıl ocakları dere yatakları kenarında kurulmuş bulunan ve dereden aldığı malzemeyi eleyerek veya kırma işleminden geçirdikten sonra piyasaya pazarlayan firmalardır.

Harşit Çayı, taşıdığı kum-çakıl malzemesinin kaliteli olması, ulaşım açısından iyi bir bölgede bulunması nedeniyle civarında kurulu bulunan kum-çakıl ocağı sayısı diğer nehirlerle göre daha fazladır. Harşit Çayı üzerinde faaliyet gösteren kum çakıl ocağı sayısı 11 olup tamamı özel firmalardır.

2.1 Ocaklardan Hammadde Temin Yöntemleri

Bu tür işletmeler hammaddelerini dere yataklarından temin etmektedirler. Dere yataklarında kum çakıl malzemesi suyun hızının düşmesinden dolayı dere yatağının genişlediği yerlerde çökelmektedir. Şekil 1' de ki gibi işaretli alanda dere yatağı geniştir. Kum-çakıl alımı bu alanlardan yapılmaktadır.

Yağışların yoğun olduğu bölgede yılda iki defa gelen taşkınlarla beraber Harşit Çayı kum-çakıl malzemesi ile dolmaktadır. Bu tür ocaklarda taşkın zamanlarında dereden malzeme alımı yapılamamaktadır.



Şekil 1. Harşit Çayı uydu fotoğrafı

Taşkının çekilmesiyle beraber kum-çakıl malzemesiyle dolan dere yatağında malzeme olan yerler gözlemler ve tecrübelerle belirlenerek bu kısımlara iş araçları ile gerekli platform yapılıp malzeme alma işine başlanabilir.

Dere yataklarından malzeme alınırken pratikte uygulanan iki yöntem mevcuttur. Bunlar:

- Dereye dolgu yaparak malzeme alınacak kısma ulaşmak,
- Dereye akarsuyun yatağının değiştirilmesi

2.2 Dereye Dolgu Yaparak Malzeme Alınacak Kısıma Ulaşmak

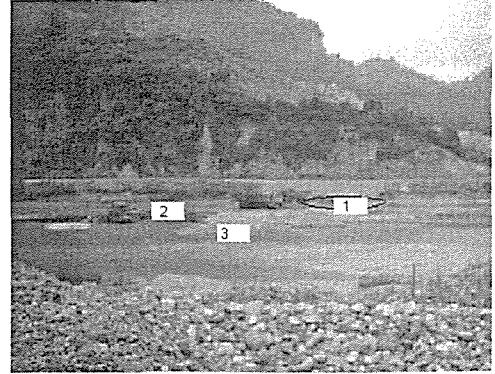
Akarsuyun ortalarında çökelmiş halde bulunan ve gözle görünen bol kumlu malzemelere ulaşmak için ve özellikle dere suyunun yönü set yapımı ile değiştirilemeyecek durumlarda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde, akarsuyun bir kısmına eleme tesis atığı malzeme olan +20-X mm veya +25-X mm malzeme doldurularak alınmak istenilen malzemeye ulaşmak sağlanır.

Dereye dolgu yapımı işinde dolgu yapılması esnasında dikkat edilmesi gereken birkaç faktör vardır. Bunlar:

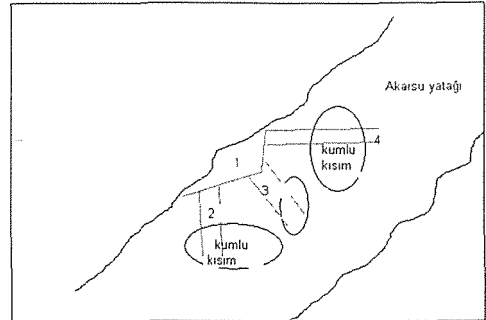
Bazı dolgu yapma işlerinde dolgu maliyetleri, o kısımdan alınacak malzemenin kar elde edilmesini mümkün kılmayabilir. Dolgu yapılan yerden beklenen kadar ince malzeme çıkmayabilir. Bunun için dolgu yapılan yerde dolguya, kum gelen yerler ve sınırları belirlendikten sonra devam edilmelidir. Sistemli bir dolgu yapma işi şu şekilde olmalıdır/olmalıdır:

Önce kamyonların dere kenarına kadar yaklaşabilmesi için loder ile yol yapılır. Daha sonra şekildeki gibi geniş bir platform yapılır (1) Daha sonra kanbalak malzeme ile (2) no'lu kol yapılır. Yapılan kolların genişliği en az bir iş makinesinin genişliğinin 1,5 katı kadar olmalıdır. Yapılan kol

zaman zaman ekskavatörle malzeme kontrolü yapılarak uzatılır. Bu kolun yapımı bittiğinde paletli ekskavatör (beko) kolun en ucundan başlayarak geriye doğru gelmek koşuluyla çalışmaya başlanır. Bu koldan üretime başlanılarak diğer taraftan da diğer kollar uzatılarak üretim için hazır hale getirilir.



Şekil 2. Harşit Çayı üzerinde dere yatağına dolgu yapılarak malzeme alımı



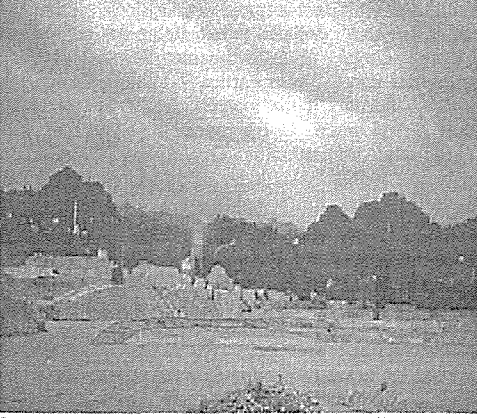
Şekil 3. Dere yatağına dolgu yapılarak malzeme alımı uygun çalışma modeli

Doldurma işlemi hem yolu yapan iş makinesi için hem de malzeme taşıyan kamyonlar için riskli bir iştir. Çünkü dolgu yapılan zeminin her iki tarafında da suyla kaplı derin çukurlar bulunmaktadır.

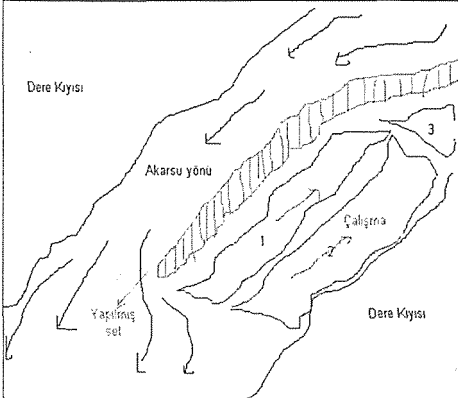
2.3 Dereye Set Yapılarak Akarsuyun Yatağının Değiştirilmesi

Bu yöntemde dereden malzeme alma işinde paletli ekskavatör (ters kepçe=beko) kullanılmaktadır. Bu yöntem derede su seviyesi düştüğü zaman uygulanan ve biraz daha planlı çalışmaya olanak sağlayan bir metottur. Bu yöntemde, bekonun su içerisine girerek ya aşağıdan yukarı doğru ya da tam tersi yönünde olacak şekilde dereden aldığı malzemeyle suyun içine set yapması şeklinde uygulanır. Dere yatağı

setle ikiye bölünerek su bir kanaldan geçirilir ya da oraya sıkıştırılır. Bu işlem sonucunda diğer bölümde su kalmadığı için ortaya bir ada parçası çıkar. Bu kısım malzeme almak için oldukça elverişli bir alandır. Çünkü alınacak malzeme görünmektedir. Bu yöntemde aşağıdan yukarı doğru set yapma işi hem beko hem de operatörler açısından risk taşır. Çünkü set yukarı doğru ilerledikçe bekonun çalıştığı derinlik artacaktır. Su içerisinde makinenin altındaki malzemenin suyun akış hızı tarafından boşaltılması ve makinenin suya batması olacak muhtemel kazalardandır.



Şekil 4. Dere yatağında yapılan set çalışması ile su yatağının değiştirilmesi



Şekil 5. Uygun set çalışması ile dere yatağından uygun malzeme alımı

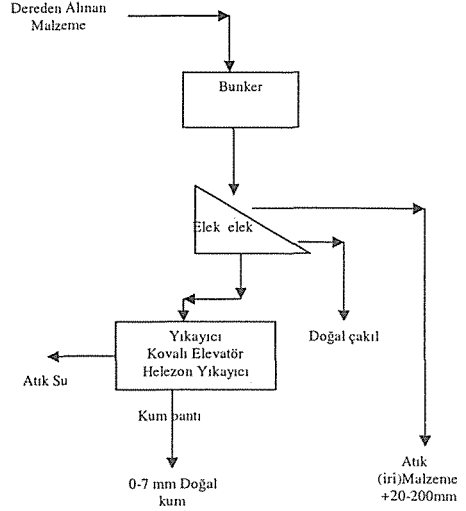
Şekilde görüldüğü gibi beko ile yapılacak malzeme alımı işinde çalışmaya aşağıdan yukarıya doğru ve sete belli bir mesafe uzaklıktan başlanılarak malzeme alımı numaralı gösterildiği gibi yapılabilir.

3 HAMMADDENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dere yatağından alınan kum çakıl malzemesi direkt olarak pazarlama olanağı bulunmadığı için eleme tesisine beslenir. Bu tür ocakların birçoğunda basit bir elek ve bantlardan oluşan bir eleme sistemi bulunmaktadır. Nadir olarak bazı ocaklarda kırma işlemi ve eleme işlemi beraber yürütülmektedir. Tesislerin birçoğunun sadece eleme yapmasının nedeni dereden alınan malzemenin akarsu aşındırması ile gelmiş ve sağlam kısımları kalmış çok sert malzeme olmasıdır. Harşit Çayı malzemesinin sertliği mohs sertlik cetveline göre içeriğindeki granit tarzı kayaların fazlalığı nedeniyle 5-7 civarındadır.

Bu sertlikten dolayı kırıcılarda ve eleklerde metal aşınmaları ve dolayısıyla kırma tesislerinin işletme birim maliyetleri yüksektir.

Basit bir kum-çakıl ocağı tesis akım şeması şu şekildedir:

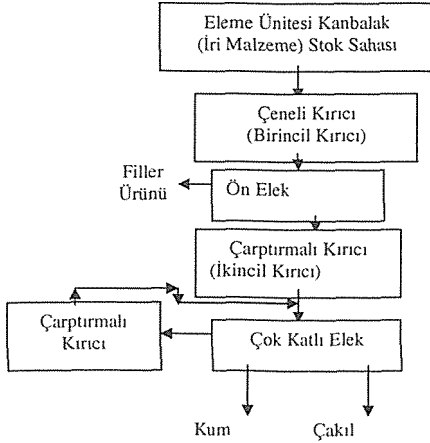


Şekil 6. Kum-çakıl ocakları yıkama- eleme tesisleri genel akım şeması

Harşit Çayı civarındaki kum-çakıl tesislerinde eleme ünitesi genellikle bir elek ve üç banttan oluşmaktadır. Hatta birçok eleme tesisinde helezon (kovalı yıkayıcı) bulunmamaktadır. Kovalı yıkayıcı kumu, suda çözünmeyen ama elekten geçen parçacıklardan ayırmaya yarayan bir ekipmandır. Eleme tesislerinde sulu eleme yapılır. Bu üniteden alınan kum (0-2 mm veya 0-7 mm) ve çakıl (7-20 mm veya 7-25 mm) direkt pazarlanabilen ürünlerdir. Bu tesislerin kapasitesi elek yüzey alanına ve bantların kapasitelerine bağlıdır. Eleklerde çelik örgülü elekler tercih edilmekte poliüretan elek

kullanılmamaktadır. Eleme tesislerinde istenilen, kumu çok fazla çakılı ise en az olacak şekilde elde etmektir. Eleme ünitelerinden çıkan kanbalak adı verilen iri malzeme (+20...+25-X mm) direkt olarak pazarlama olanağı olmadığı için ya atık olarak atılmakta veya kırma tesislerinden geçirilerek kum ve çakıl boyutuna indirgenip öyle satılmaktadır. Kırma tesisleri için çok basit ve kompleks tesisler mevcuttur.

Tesis dizaynı her ne kadar tesiste işlenecek hammaddenin türüne bağlı ise de aşağıdaki akım şeması genel olarak uygun bir dizayn olacaktır



Şekil 7. Kum-çakıl ocakları kırma tesisleri akım şeması

Kaliteli kum-çakıl malzemesi dayanımının yüksek olması için kübik taneli şekilde kırılmış olması gerekmektedir. Bu yüzden kırma tesisinde malzemeyi kaliteli çıkaracak şekilde bir tasarım yapmak uygun olacaktır. İyi bir kırma tesisi piyasanın isteklerine cevap verecek derecede fazla ürün alınmasına olanak sağlayabilmelidir. Bu yüzden tesis dizaynında elekler kullanarak alınan ürün sayısını artırmaya olanak sağlayabilmelidir.

Hemen hemen bütün kırma tesislerinde birincil kırıcı olarak çeneli kırıcı kullanılmaktadır. Çeneli kırıcılarda malzeme baskı ve sıkıştırma ile kırılır bu yüzden üretilen malzeme genellikle yapraksı olmaktadır (Halili A., 2003). Çeneli kırıcı çene çıkış açıklığına göre malzemeyi belli bir boyuta kadar indirger. Çeneli kırıcı çıkışına elek konulması ile ikincil kırıcıya gelen yük azaltılır, maliyetler azaltılır ve 0-15 mm, 0-19 mm boyutlarında filler ürün almak mümkün olabilir. İkincil kırıcı olarak konik kırıcı veya darbeli kırıcılar kullanılması uygun olabilir. Konik kırıcı kırma işlemini paralel bir bölgede gerçekleştirdiği için kırıcıdan çıkan ürün tane boyutları birbirine yakındır. Kırdığı malzeme

kübik değildir. Bu yüzden sistemde çarpırtmalı kırıcı kullanmak gereklidir. Çarpırtmalı kırıcıların boyut küçültme oranları büyüktür. İdeal şartlarda çalıştıklarında malzemeyi birbirlerine kırdırarak küçülttükları için çıkan taneler kübiktir.

4 KUM ÇAKIL MALZEMESİNİN PAZARLANMASI

Üretilen kum çakıl malzemesi direkt olarak şantiyelerinde alıcı bulmaktadır. Kum çakıl malzemesi ince sıva kumu (-2 mm doğal, kaba sıva kumu (0-7 mm doğal), karışık beton malzemesi 0-25 mm Doğal veya 0-20 mm Kırma), Beton santralleri için 0-7 mm Kırma, 7-15 mm Kırma, 15-25 mm Kırma; İhale malzemeleri (yol yapımları için) A tipi mıcır, B tipi mıcır ve filler malzeme olarak alıcı bulmaktadır. Ocaklardan kamyonlara malzeme daha çok loder ve nadir olarak da silolardan boşaltım ve küçük draglayn larla yüklenilmektedir. Malzeme satma işi hacim hesabına dayanmakta ve bu yüzden olağan problemler zaman zaman yaşanmaktadır. Hacme dayalı malzeme satışında yükleyici kova hacmi ve kamyon kasa hacimleri referans alınmaktadır.

Kum-çakıl fiyatları işletmeden işletmeye farklılıklar arz etmektedir. Çalışan birçok ocak ve taşocağı olmasına rağmen bölgenin agrega ihtiyacını karşılamakta zorluklar yaşanmaktadır. Birçok ocak ürün satışında sevkişi kullanılmamaktadır.

5 KUM ÇAKIL OCAKLARI HUKUKİ DURUMU

Kum çakıl ocakları Maden Kanunu'na tabidir. Türkiye' de kum çakıl ocakları işleme ruhsatları MİGEM tarafından verilmektedir.

Bu gibi ocaklar için ön ÇED gereklidir. Ancak kum çakıl ocağı alanı önemli ise, Yerel İl Çevre Kurulu' nun kararı ile ÇED almasına gerek görülür. Kum çakıl ocaklarıyla ilgili yasal dayanaklar:

- Başbakanlık Sulak alanların Korunması Genelgesi (1994)
- Alanın Korunması Statüsü varsa, ilgili kurum ve yasası
- Kıyı Kanunu, Madde 6
- ÇED Yönetmeliği

Yeni Maden Kanunu'na göre bütün kum-çakıl ocakları bir teknik nezaretçi çalıştırmak zorundadır. Teknik nezaretçi çalıştırmayan, işletmelerin ruhsatlarının iptal edilmesi gerekmesine rağmen bölgede birçok ocak nezaretçisiz üretime devam etmektedir. Birçok ocak yeni maden kanununa intibak yaptırmamasına rağmen varlığını sürdürebilmektedir.

6 KUM ÇAKIL OCAKLARININ HARŞİT ÇAYI ÜZERİNDEKİ ÇEVRESEL ETKİLERİ

- Kum çakıl ocakları DSİ'nin çalışmalarını çoğu kez etkilemektedir (Nehir yatağının kotu düşürülerek, yatağı tahrip ederek vb).
- Dere yataklarından malzeme alma işinde dere yatağı talvet kotunun altına inilmektedir. Dere yatağının birçok bölümünde uygunsuz malzeme alınmaktadır.
- Dere yatağında birçok yerde derin çukurlar oluşturulmakta, kıyı şevleri tahrip edilmekte ve derenin doğal akış rejimi yer yer bozulmaktadır.
- Dere yatağında malzeme alma işinde çalışan iş makineleri tarafından bırakılan yağ tenekesi vs. malzemeler alınmamaktadır.

7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Diğer bölgelerde faaliyet göstermekte olan özel şirketlere ait firmalar özellikle bina vb inşaat işleri için gereken agrega ihtiyacını karşılamak üzere taşocağı işletmeciliği yapmayı tercih ederken Doğu Karadeniz Bölgesi'nde tabiat yapısından kaynaklanan arazi şartlarının yarattığı işletme zorlukları ve bölgede dere yataklarının bol miktarda bulunması bu yöredeki özel şirketlere ait firmaların söz konusu işlerini dere yataklarından malzeme alarak gerçekleştirme yoluna gitmelerine neden olmaktadır.
- Kum çakıl ocaklarının malzeme alma işinde Özel İdare ve DSİ tarafından yeterli denetim yapılmamaktadır.
- Harşit Çayı civarında çalışan ocaklar malzeme alma işini sadece ekonomik çıkarlarını göz önünde bulundurarak hiçbir teknik gerekçe olmadan yapmaktadırlar. Bu durumun giderilebilmesi için yeteri kadar denetim gereklidir.
- Harşit Çayı civarındaki birçok kum çakıl ocağı için kurulan kırma ya da eleme tesisleri tamamen tecrübelere dayalı olarak kurulmuş, teknik gerekçeler ikinci planda tutulmuştur. Bu nedenle tesislerden istenilen verim alınamamıştır. Hatta yeni yapılan yatırımlarda bile bilgisizlikten dolayı benzer sonuçlar yaşanılmaktadır. Bu durumun çözüme kavuşturulması için ocak sahiplerinin üniversite veya benzeri kuruluşlardan teknik destek almaları gerekmektedir.

- Birçok kum çakıl ocağında dereden hammadde çıkarma ve tesislere nakliye işinde taşeron sistemi mevcuttur. Taşeron sistemi kar marjını düşürmekte iş kazaları riskini artırmakta ve planlı çalışma sisteminin bozulmasına zemin hazırlamaktadır. Ocak sahiplerinin maliyet hesaplarını daha dikkatli yaparak kendi iş araçları ile çalıştıkları takdirde daha çok verim alacakları ve bunun işletme maliyetlerinin azaltılması hususunda olumlu bir etki yarattığını görecekləri kesindir.
- Dereden hammadde alımı işleminde uygun kamyon seçimi yapılmamakta ve bunun sonucunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Dere yatağından malzeme alma işinde yakın mesafelerde çalışıldığı ve tam oturmamış zeminlerde çalışıldığı için çift çekerek kamyonların çalıştırılması gerekmektedir.
- Bu tip işletmelerde tam bir yönetim organizasyonu yoktur. Emir komuta zincirinde aksamalar vardır. Patrona yakın insanlar biraz daha fazla yetkilere sahiptir. Yetki dereceleri ve görevlendirmeler tam belli olmadığı için işyerlerinde oturmuş bir iş ve yönetici kadrosu yoktur. Buna bağlı olarak kişilere bağlı olarak değişkenlik arz eden şirket yönetim şekli, plansızlık ve programsızlık içerisinde verimsiz bir şekilde işletmeler çalışmalarına devam etmektedir.
- Bu işletmelerde kayıt işi düzgün tutulmamakta, buna bağlı olarak maliyet ve üretimler, ödemeler düzgün yapılamamaktadır.
- Harşit Çayı civarında ve diğer kum çakıl ocakları satış fiyatları, yedek parça temini işleri ve diğer konularda tamamen birbirlerinden habersiz çalışmaktadırlar. Bu gibi işletmeler arasında olası örgütlenmeler daha iyi sonuçlar getirecektir.

KAYNAKLAR

- Halili, A., 2003. Agrega Üretiminde Kırma-Eleme ve Taşın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Önemi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, p. 185-189, İstanbul
- Yılmaz, A.O., Tatarhan, A., Demir, C., Kaya, R., 2002. Doğu Karadeniz Bölgesinde Bulunan Taş Ocaklarının İncelenmesi, VI. Bölgesel Kaya Mekanik Sempozyumu, KAYAMEK' 2002, 10-11 Ekim, Konya.

Hazır Beton Sektörümüzün İstatistiksel Değerlendirilmesi ve Karadeniz Bölgesinde Hazır Beton Sektörüne Bakış

A.O.Yılmaz & İ. Alp

KTÜ Maden Müh. Bölümü, Trabzon.

ÖZET: Dünyada 1900'lü yılların başında, ülkemizde ise 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan "hazır beton" her geçen gün kullanım alanları süratle yaygınlaşarak, artık kırsal kesimlerden dahi talep edilir hale gelmeye başlamıştır. Ülkemizde kullanılmaya başlaması hayli zaman almasına karşın kısa zamanda önemli üretim rakamlarına ulaşılmıştır. 1992 yılında 5.9 milyon ton ($0.1 \text{ m}^3/\text{fert}$) olan üretim 2002 yılında 25.4 milyon ton'a ($0.37 \text{ m}^3/\text{fert}$) ulaşmıştır. Ülkemiz bu üretim rakamları ile belli başlı ülkeler arasında toplam üretimde 7. sırada yer alırken, kişi başı üretimde henüz istenilen seviyeye gelememiştir. Bu çalışmada ülkemizin hazır beton sektörü çeşitli büyüklüklerle (üretim, tesis, şirket sayısı, dayanım vb.) incelenmiş hazır beton üretimimizin belli başlı ülkeler arasındaki yeri irdelenmiştir. Ayrıca Karadeniz Bölgesinde hazır beton sektörünün durumu tüm bölgelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiş, bölge ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

ABSTRACT: The use of "ready concrete mix" which has been used in world since the beginning of 1900s and in Turkey after 1970, has increased day-by-day. Today, ready mix use is demanded at the applications rural meas. Despite the long time before its use, significant figures were reached in a short period. In 2002, yearly production was amounted to 25.4 Mt ($0.1 \text{ m}^3/\text{capita}$). In 1992, Turkey has the place in major producers with the current production figures. However, in production per capita Turkey stil has low figures. In this study, ready mixed concrete sector of different scales (production, facility, number of the companies, resistance, etc.) in Turkey is examined and place of our country among the countries leading this sector is analyzed. In addition, a comparison is made between the ready mixed concrete sector in Black Sea Region and those in the other regions and an evaluation is made on the Black Sea Region.

1 GİRİŞ

Hazır beton üretimi dünyada ilk kez yüzyıl başında (1903) Almanya'da ortaya çıkmış, sonraki birkaç yıl içerisinde de ABD'de görülmeye başlamıştır. 1914 yılında beton taşıma amaçlı "transmikser" aracı Amerika'da geliştirilmiştir. Özellikle savaş yıllarından sonra, bazıları bugün de faaliyette olan pek çok hazır beton firması kurulmuştur. Sonraki yıllarda hazır betonun yapıların temel inşaat malzemesi olarak benimsenip yaygınlaşmaya başlaması uzun sürmemiş, kısa zamanda pek çok ülkede hazır beton üretilip kullanılmaya başlanmıştır (URL-6).

Türkiye'de hazır beton üretimine başlanması ve hazır beton sektörünün oluşması, diğer ülkelere oranla daha kısa bir geçmişe sahiptir; yetmişli

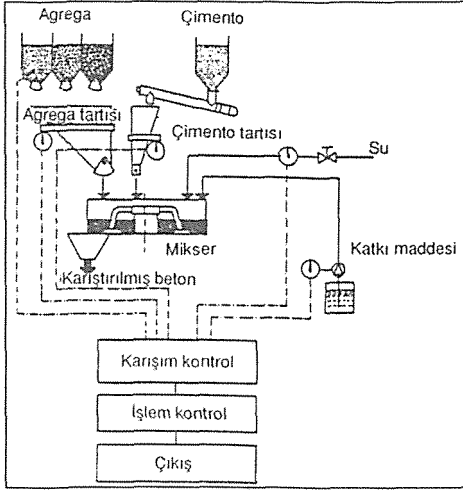
yılların sonuna doğru inşaat şirketleri ilk olarak kendi ihtiyaçları için hazır beton üretimine yönelmişlerse de, üretimin yaygınlaşması seksenli yılların ikinci yarısına rastlar. Bu gelişmeye paralel olarak, 1988 yılında kurulan *Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB)*, hazır betonun ülkemizde doğru ve yaygın bir biçimde kullanılması ve sektörün gelişmesi yönünde önemli adımların atılmasına önayak olmuştur (DPT, 2000).

Hazır beton; çimento, doğal veya yapay agrega, su ve istenilen betonun niteliğine göre kullanılan kimyasal katkı maddelerinden oluşan bir karışımdır (Şekil 1). Hazır betonun bileşenleri beton santralinde, bilgisayar kontrolüyle, istenilen oranlarda bir araya getirilerek, mikserde karıştırılır ve tüketiciye 'taze beton' olarak teslim edilir (DPT, 2000).

2 HAZIR BETON SEKTÖRÜMÜZE BAKIŞ

2.1 Çeşitli Göstergelerle Hazır Beton Sektörümüzün İstatistiksel Değerlendirilmesi

Ülkemizde hazır beton ilk kez 1970li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda hazır beton endüstrisine 1980'li yılların ikinci yarısında geçilmiştir. Ülkemizin hazır beton sektörü ile ilgili son 10 yıllık sayısal değerlendirmesi Çizelge 1 ve Şekil 2'de yer almaktadır. Şekil ve Çizelge yakından incelendiğinde şu sonuçlar ön plana çıkmaktadır:



Şekil 1. Hazır beton üretimi (Özşöylev, ?)

- Ülkemizde 1992 yılında toplam 5.9 milyon ton olan hazır beton üretimi 4.3 kat artarak 2002 yılında 25.4 milyon ton'a çıkmıştır. Dönem ortalama artış hızı % 18 civarındadır. Aynı dönemde THBB üyesi firmalar 1993 yılında 6.8 milyon ton olan üretimleri 2002 yılında 2.6 kat artarak 17.4 milyon ton olmuş, yıllık ortalama artış hızı % 13'tür. Dönem ortalaması toplam üretimde 20.5, THBB üyesi firmalarda 15.7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. THBB üyesi firmaların toplam üretimdeki payı dönem ortalaması % 78 olmuştur.
- 1992 yılında kişi başına hazır beton üretimi 0.10 m³/fert iken 2002 yılında % 258 artarak 0.37 m³/fert'e çıkmıştır. 10 yıllık dönem ortalaması 0.31 m³/fert olarak gerçekleşmiştir.
- Gerek toplam üretim gerekse kişi başına üretim, ülkemizde hazır betonun kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda hızlı bir gelişim kaydedilmiş, 1994 ekonomik krizi ve çimento sektöründeki özelleştirme girişimleri artış hızının gelişimini kısmen etkilemiş, asil kırılma noktası ise 17

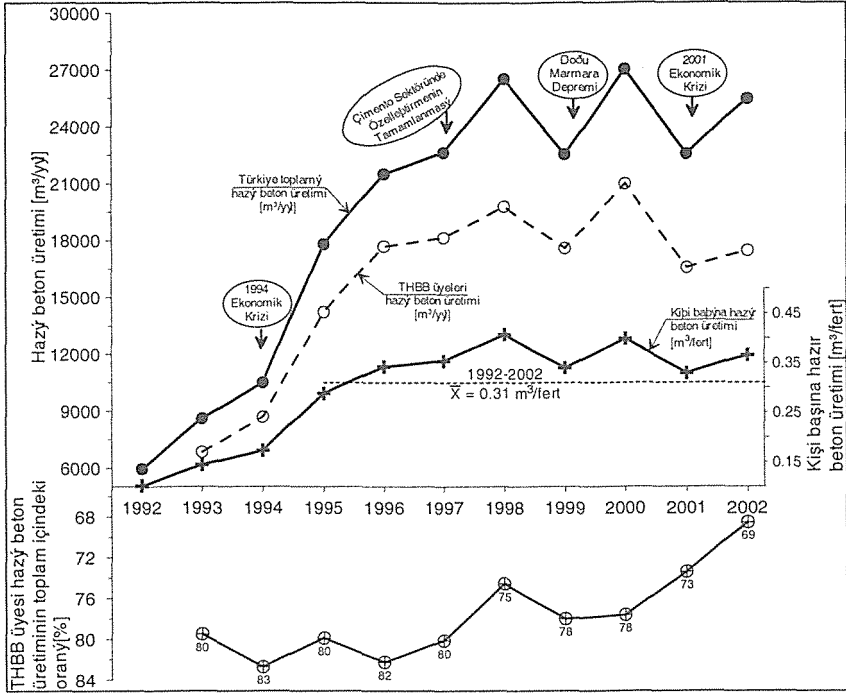
Ağustos 1999 Doğu Marmara Depremi ile yaşanmıştır. Sektör kendisini toparlama imkanı bulmadan 2001 ekonomik krizi sektöre ikinci bir darbe vurmuştur.

- 10 yıllık dönem boyunca şirket ve tesis sayılarında da önemli gelişmeler kaydedilmiş, 1992 yılında 64 şirket ve 100 tesis varken 2002 yılında sırası ile 3.5 ve 4.4 kat artış kaydederek 228 şirket ve 449 tesis sayısına ulaşmıştır. Ortalama artış hızları ise sırası ile % 14 ve % 17 olarak gerçekleşmiştir. Tesis başına üretim ise; 1992 yılında 59.500 ton/yıl'dan 1996 yılında 100.000 ton/yıl seviyesine çıkmış, 2002 yılında belirli bir düşüş kaydederek 57.882 ton/yıl seviyesine düşmüştür. Dönem ortalaması 76.638 ton/yıl, artış hızı ise % 1.14 olarak gerçekleşmiştir.
- Diğer önemli bir büyüklük ise yüz ölçümü başına hazır beton üretimidir. 1992 yılında 7.6 m³/km² olan büyüklük 2002 yılında %328 artarak 32.6 m³/km² ve dönem ortalaması 26.2 m³/km² olarak gerçekleşmiştir. Dönem ortalama artışı ise % 18 olmuştur.

3 ÜLKEMİZİN HAZIR BETON ÜRETİMİNİN BELLİ BAŞLI ÜLKELERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Dünyada 1900'lü yıllarda başlayan hazır beton üretimi, ülkemizde 70-80 yıl gibi uzun bir zaman sonra gündeme gelmiş, yaygın kullanılmaya başlanması ise 90'lı yıllarda olmuştur. Ülkemizde hazır beton üretimine geçiş bu kadar geç olmasına karşın, sektörde hızla gelişme kaydedilmiş ve giderek Avrupa ülkelerindeki kullanım verilerine yaklaşmıştır. Ülkemizin hazır beton sektörünün Avrupa ve diğer ülkelerle karşılaştırmalı istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 2, Şekil 3, 4'de yapılmıştır. Tablo ve Çizelgelerin hazırlanmasında (DPT, 2000; URL-2; Arıoğlu, Girgin, 2003; Önder, Arıoğlu, Yılmaz, 2003; ERMCO, 2001; Yılmaz, 2003; TCMB, 2003; URL-4; URL-5) kaynaklarından yararlanılmıştır. Çizelge ve Şekillerden şu kısa sonuçları çıkarmak mümkündür:

- Hazır beton üretiminde ön sıralarda yer alan 23 ülke içinde ülkemiz toplam 25 milyon ton hazır beton üretimi ile 7. sırada yer almaktadır. İlk sırada 315 milyon ton üretim ile ABD yer alırken bunu 71 milyon ton ile İspanya takip etmektedir. İncelemeye katılan ülkelerin ortalama üretimi 32 milyon ton/yıl seviyesindedir. En büyük üretici durumundaki ABD hariç tutulursa ortalama üretim 18 milyon ton/yıl olmaktadır. Bu rakam dikkate alındığında ülkemiz toplam hazır beton üretiminin ortalamanın üzerinde bir performans sergilediğini söyleyebiliriz.



Şekil 2. Yıllar itibarı ile THBB üyesi- toplam hazır beton üretimi, kişi başına üretim ve THBB üyesi üretimin toplam üretim içindeki oranının gelişimi

- En önemli gösterge olan kişi başı hazır beton üretiminde, ülkemiz toplam üretimdeki başarısını sergileyememekle, $0.37 \text{ m}^3/\text{fert}$ ile ortalamamızın ($0.75 \text{ m}^3/\text{fert}$) yaklaşık yarısı kadar bir büyüklük oluşturmaktadır. Kişi başı üretimde başı $1.74 \text{ m}^3/\text{fert}$ ile İspanya çekerken Küba $0.05 \text{ m}^3/\text{fert}$ ile son sırada yer almaktadır.
- Ülkemiz tesis sayısı açısından anılan ülkeler arasında 401 tesisi ile 8. sırada yer alırken, tesis başına üretim bakımından (63.000 ton/tesis) ABD ile ilk sırada yer almaktadır.
- Ülkemiz kişi başına 369 kg/fert çimento tüketimi ile anılan ülkelerin ortalama üretiminin (469 kg/fert) gerisinde bulunmakta olup, ortalamamızın % 75 seviyesindedir. Kişi başına çimento tüketiminde dikkat çekici husus gelişmiş ülkelerde alt yapı çalışmalarının büyük ölçüde tamamlanmış olmalarından dolayı düşüğüdür. Ülkemiz henüz bu gelişme dönemini tamamlamadığından bu üretim seviyesi yetersizdir. Diğer taraftan üretilen çimentonun hazır betonda kullanım oranı da oldukça düşüktür. Ülkemiz çimento üretiminin % 32'sini hazır betonda kullanırken bu oran ilk sırada yer alan İrlanda da %90'dır. Değerlendirmeye alınan ülke ortalamaları % 49 olup, ülkemiz bu ortalamadan % 34 daha düşük bir kullanım

oranına sahiptir. Bu durum ülkemizde elle beton dökümünün hala çok yaygın olduğunu, hazır beton kullanımının istenilen düzeye henüz ulaşmadığını göstermektedir.

- Ülkemiz ortalama 280 kg/m^3 çimento dozajı ile 16. sırada bulunmaktadır. Ülke ortalama çimento dozajı 300 kg/m^3 olup, ülkemiz bu anlamda kısmen bir yeterliği sahip olduğu söylenebilir. Diğer taraftan hazır beton proje basınç dayanımı açısından ülkemizde dökülen betonların % 7'si $<15 \text{ MPa}$, % 87'si $15-25 \text{ MPa}$, % 5'i $25-35 \text{ MPa}$ ve % 1'i ise $> 35 \text{ MPa}$ 'dır. Görüldüğü gibi dökülen betonların % 94 gibi büyük bölümünü 15 MPa altı ve $15-25 \text{ MPa}$ arası betonlar oluşturmaktadır. 25 MPa üzeri betonların oranı % 6 olup, bu oran diğer en düşük değere sahip olan Rusya'da % 20'dir. Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem kuşağında bulunduğu gerçeği göz önünde bulundurulursa, anılan oranın yetersizliği açıkça görülebilir. Diğer önemli bir büyüklük ise yüz ölçümü başına hazır beton üretimidir. 1992 yılında $7.6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ olan büyüklük 2002 yılında %328 artarak $32.6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ve dönem ortalaması $26.2 \text{ m}^3/\text{km}^2$ olarak gerçekleşmiştir. Dönem ortalama artışı ise % 18 olmuştur.

Çizelge 1. Yıllar İtibarı İle Hazır Beton Üretimi, Şirket-Tesis Sayısı, Km²-Fert Başına Üretim Oranları ve Artış Hızları

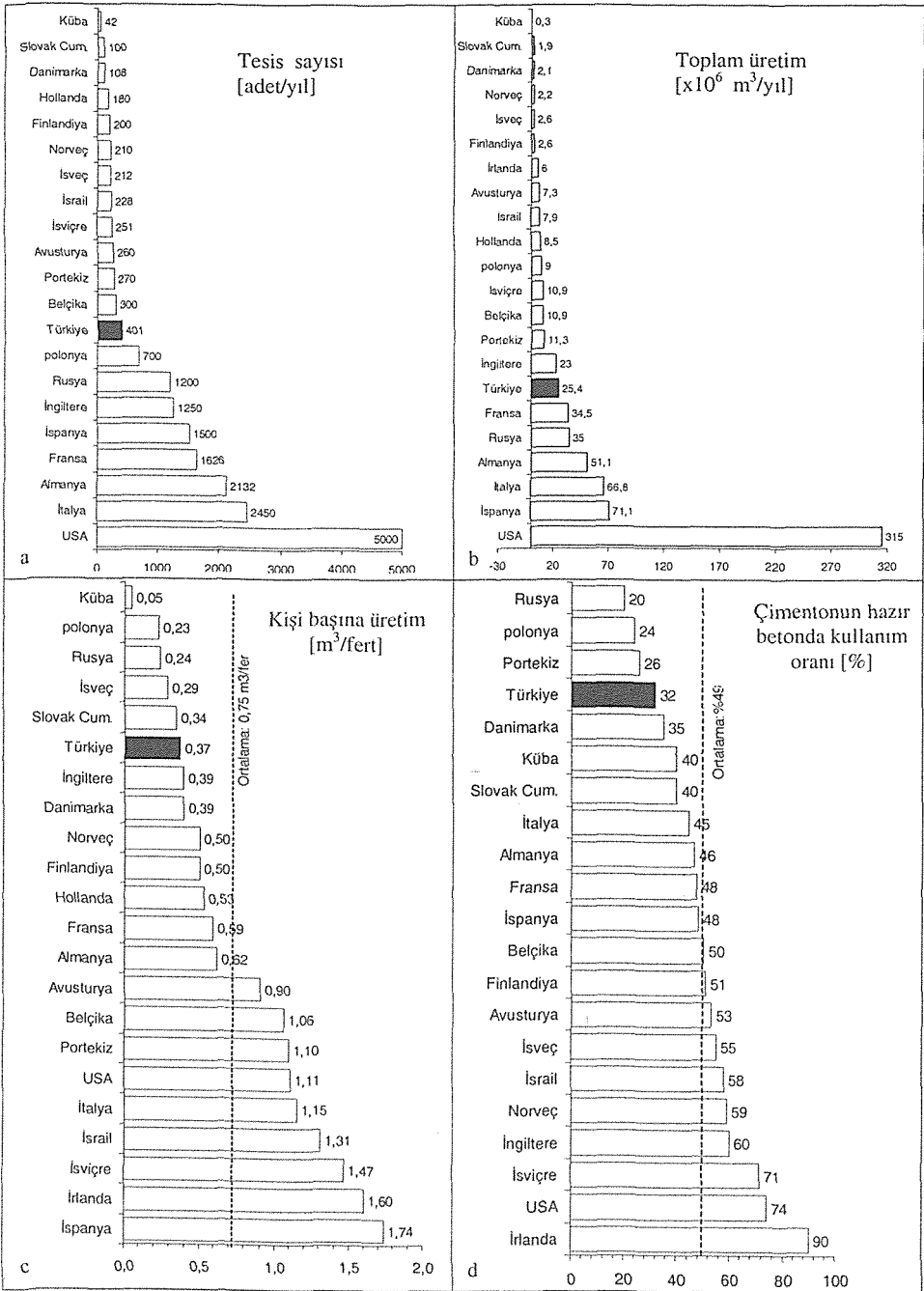
Yıl	Nüfus [x10 ³] [1]	Hazır beton üretimi [x 10 ³ m ³ /yıl]		Şirket sayısı [4]	Tesis [5]	[2/3] x100 [6]	[3/1] m ³ /fert [7]	Km ² başına üretim [m ³ /km ²] [8]	[3/5] [m ³ /tesis] [9]	Artış hızları [%]									
		THBB Üyeleri [2]	Türkiye toplamı [3]							[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	
1992	58379	-	5.950	64	100	-	0,10	7,6	59.500										
1993	59478	6.838	8.600	70	110	80	0,14	11,0	78.182	1,88		44,54	9,38	10,00		41,87	44,54	31,40	
1994	60587	8.686	10.500	70	120	83	0,17	13,5	87.500	1,86	7,02	22,09	0,00	9,09	4,04	19,86	22,09	11,92	
1995	61706	14.222	17.800	80	195	80	0,29	22,8	91.282	1,85	3,74	69,52	14,29	62,50	-3,41	66,45	69,52	4,32	
1996	62841	17.685	21.500	88	215	82	0,34	27,5	100.000	1,84	4,35	20,79	10,00	10,26	2,95	18,60	20,79	9,55	
1997	63989	18.154	22.650	125	279	80	0,35	29,0	81.183	1,83	,65	5,35	42,05	29,77	-2,56	3,46	5,35	-18,82	
1998	65145	19.793	26.543	166	341	75	0,41	34,0	77.838	1,81	,03	17,19	32,80	22,22	-6,96	15,11	17,19	-4,12	
1999	66304	17.584	22.541	162	359	78	0,34	28,9	62.789	1,78	11,16	-15,08	-2,41	5,28	4,61	-16,56	-15,08	-19,33	
2000	67803	20.986	27.036	185	368	78	0,40	34,6	73.469	2,26	9,35	19,94	14,20	2,51	-0,49	17,29	19,94	17,01	
2001	68618	16.562	22.562	205	401	73	0,33	28,9	56.264	1,20	21,08	-16,55	10,81	8,97	-5,43	-17,54	-16,55	-23,42	
2002	69757	17.458	25.468	228	440	69	0,37	32,6	57.882	1,66	,41	12,88	11,22	9,73	-6,62	11,04	12,88	2,88	
Ort.	-	15.797	20.520	138	283	78	0,31	26,29	76.638	1,80	3,26	18,07	14,23	17,03	-1,54	15,96	18,07	1,14	

Ham veriler (DPT, 2000; URL-1; URL-2; URL-3; Safel, 2000; DPT, 2001) kaynaklarından alınmıştır

Çizelge 2. Çeşitli Göstergelerle Belli Başlı Hazır Beton Üreten Ülkelerle Ülkemizin Karşılaştırılması (2001)

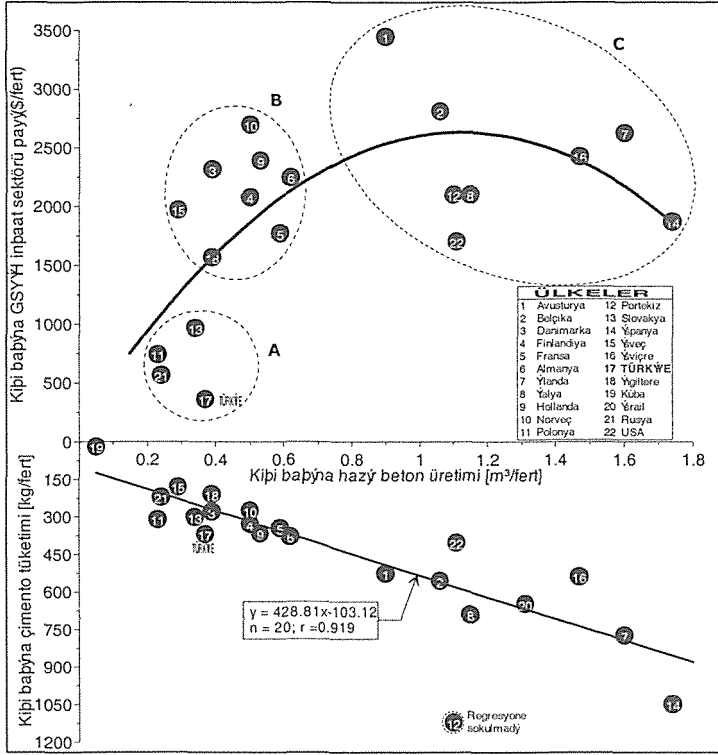
Ülkeler	Nüfus [x10 ⁶]	Kişi başına GSYİH (\$/fert)	Kişi başına GSYİH inşaat sektörü payı (\$/fert)	Tesis sayısı	Toplam üretim (x10 ⁶ m ³ /yıl)	Tesis başına üretim [x10 ³ m ³ /yıl]	Kişi başına üretim [m ³ /fert]	Çimento tüketimi [x10 ⁶ /yıl]	HB'de kullanılan çimento oram %	Kişi başına çimento tüketimi [kg/fert]	Çimento dozaj [kg/m ³]	Dayanım [MPa]				Toplam çalışan
												< 15	15-25	25-35	> 35	
Avusturya	8,17	21.570	3.448	260	7,3	28,1	0,90	4,3	53	526	260	10	35	40	15	2.100
Belçika	10,27	23.200	2.811	300	10,9	36,3	1,06	5,7	50	555	275	5	20	70	5	3.560
Danimarka	5,37	23.100	2.315	108	2,1	19,4	0,39	1,5	35	279	230	10	60	28	2	
Finlandiya	5,18	19.860	2.079	200	2,6	13,0	0,50	1,7	51	328	350	0	5	85	10	850
Fransa	59,76	22.520	1.771	1.626	34,5	21,2	0,59	20,6	47,6	345	284	20	60	15	5	7.000
Almanya	83,25	21.190	2.246	2.132	51,1	24,0	0,62	31,5	46,4	378	285	4	14	63	20	13.000
İrlanda	3,88	16.590	2.624		6		1,60	3	90	773	300	5	15	40	40	
İtalya	57,71	21.560	2.102	2.450	66,8	27,3	1,15	39,8	44,5	690	265	9	61	29	1	19.000
Hollanda	16,07	22.040	2.390	180	8,5	47,2	0,53	5,88		366	312	2	71	24	3	2.500
Norveç	4,52	27.300	2.696	210	2,2	10,5	0,50	1,24	58,8	274	327	1	20	59	21	1.250
Polonya	88,62	7.262	740	700	9	12,9	0,23	12	24	311	330	30	40	25	5	3.500
Portekiz	10,08	15.055	2.103	270	11,3	41,9	1,10	11,3	26	1121	280	0	75	20	5	1.300
Slovakya	5,42	8.605	966	100	1,9	19,0	0,34	1,63	40	301	350	15	50	30	5	900
İspanya	40,08	16.340	1.871	1.500	71,1	47,4	1,74	42	48	1048	283	5	5	80	10	15.000
İsveç	8,88	19.900	1.969	212	2,6	12,3	0,29	1,6	55	180	340	0	5	65	30	1.020
İsviçre	7,3	24.320	2.425	251	10,9	43,4	1,47	3,93	71,4	538	287					
Türkiye	67,8	6.235	362	401	25,4	63,3	0,37	25	32	369	280	7	87	5	1	10.720
İngiltere	59,78	21.120	1.568	1.250	23	18,4	0,39	12,5	60	209	280	9	21	46	24	10.500
Küba	11,2	2.307		42	0,3	7,1	0,05	0,22	40	20	300	2	58	38	2	1.100
İsrail	6,03	19.000		228	7,9	34,6	1,31	3,9	58	647	280	3	15	57	25	1.100
Rusya	44,98	4.700	564	1.200	35	29,2	3,01	32	20	221	360	10	70	15	5	50.000
USA	80,56	30.170	1.704	5.000	315	63,0	1,11	113	74	403	300	10	50	30	10	100.000
Yunanistan	10,64	12.940	1.553					7,8		733						
Japonya	26,97	24.501	3.498					82,4		649						

Tablonun hazırlanmasında kullanılan ham veriler (DPT, 2000; URL-2; Aroğlu, Girgin, 2003; Önder, Aroğlu, Yılmaz, 2003; ERMCO, 2001; Yılmaz, 2003; TCMB, 2003; URL-4; URL-5) kaynaklarından alınmıştır.

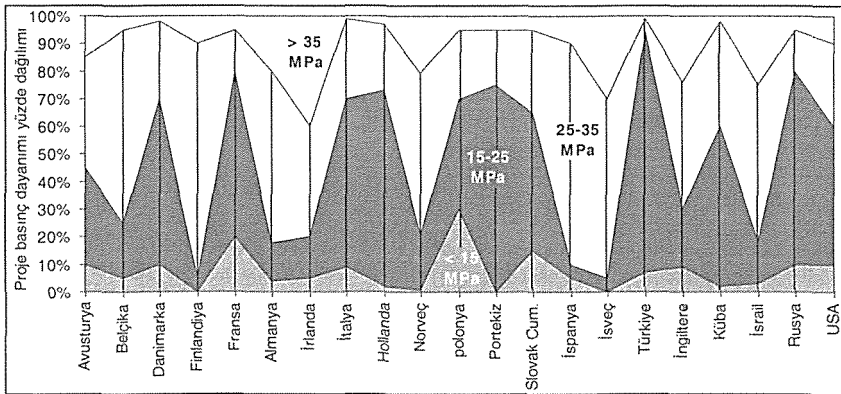


Şekil 3. Belli başlı hazır beton üreten ülkelerle ülkemizin tesis sayısı (a), toplam üretim (b), kişi başına üretim (c) ve tüketilen çimento hazır betonda kullanım oranları (d) bakımından karşılaştırılması

- Kişi başına Hazır beton üretimi ile kişi başına GSYİH grafiği çizildiğinde, 3 ayrı ülke kümesi olduğu görülür A, B ve C. A grubu ülkeler ülkemizin de içinde bulunduğu hazır beton sektörü gelişme aşamasında olan ülkeleri, B grubu alt yapı çalışmalarını büyük ölçüde tamamlamış ülkeleri, C grubu ise genelde hazır beton sektörü çok dinamik olan, yoğun altyapı faaliyetleri devam eden ülkeleri temsil ettiği söylenebilir.



Şekil 4. Belli başlı hazır beton üreten ülkelerin kişi başına hazır beton üretimi ile kişi başına çimento tüketimi ve kişi başına GSYİH inşaat sektörü payı ilişkileri.



Şekil 5. Belli başlı hazır beton üreten ülkelerin hazır beton projelerin basınç dayanımlarının karşılaştırılması

4 KARADENİZ BÖLGESİ'NDE HAZIR BETON SEKTÖRÜNE BAKIŞ

Hazır betonunu tüm bölgelerimiz ve özellikle Karadeniz Bölgesi bazında ayrıntılı istatistiksel çalışmaları Çizelge 3,4,5' de yer almaktadır. Çizelgenin hazırlanmasında kullanılan ham veriler (DPT, 2001; URL-1; URL-2; Safel, 2000; Arioğlu, Girgin, 2003; Yılmaz, 2003) kaynaklarından alınmıştır. Çizelgelerin yakından incelenmesi ile şu sonuçlar çıkarılabilir:

- Karadeniz Bölgemiz 141.000 km² ile Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgemizden sonra 3. büyük bölgemizdir. Nüfus yoğunluğu bakımından Marmara 259 fert/km² ile birinci, 113 fert/km² ile Ege Bölgesi ikinci, G.D. Anadolu 88 fert/km² ile üçüncü, 77 fert/km² ile İç Anadolu Bölgesi dördüncü, 72 fert/km² ile Akdeniz Bölgesi beşinci sırada yer alırken Karadeniz Bölgemiz 60 fert/km² ile altıncı sırada ve 38 fert/km² ile Doğu Anadolu Bölgesi son sırada yer almaktadır.
- Karadeniz Bölgemiz nüfus yoğunluğu açısından son sıralarda yer alırken ekonomik aktivite açısından da yeterli katma değer üretmemektedir. Toplam GSYİH'nın % 9.5'ini oluştururken, sıralama açısından 5. Bölge durumundadır. En yüksek katma değer tahmin edilebileceği gibi Marmara Bölgemiz tarafından (% 37.1) sağlanmaktadır. Doğu Anadolu % 3.5 ile son sırada yer almaktadır. Ekonomik gelişmişlik açısından diğer önemli gösterge kişi başına GSYİH'dır. Karadeniz Bölgemiz 1394 \$/fert ile yine 5. sırada yer almaktadır. İlk sırayı 2709 \$/fert ile Marmara Bölgemiz oluştururken, Doğu Anadolu Bölgesi 725 \$/fert ile son sırada yer almaktadır.
- Karadeniz Bölgesi ülkemizde THBB üretimi içindeki payı % 1.7 gibi oldukça düşük seviyededir. Aslan payı % 38.7 ile Marmara'ya ait olurken bunu % 22.9 ile İç Anadolu Bölgesi takip etmektedir. En düşük paya sahip olan bölgemiz % 1.3 ile Doğu Anadolu Bölgemizdir. Karadeniz Bölgesi ekonomik açıdan yeterli gelişmemesinin yanında hazır beton üretimindeki payının düşük olması beklenen bir sonuçtur. Burada önemli olan bir başka nokta ise THBB üyesi üretim yapan firma sayısının bölge büyüklüğüne göre oldukça az olması (% 3.8) ve buna bağlı olarak da kaliteli hazır beton üretiminin düşük seviyelerde kalmasıdır.
- Kişi başına hazır beton açısından bakıldığında Karadeniz Bölgesi Doğu Anadolu Bölgesi ile kişi başı 0.04 m³/fert ile son sırayı paylaşmaktadır. Bu

oran Türkiye ortalaması olan 0.37 m³/fert'in yaklaşık 1/10'dur. Marmara Bölgesi 0.39 m³/fert Türkiye ortalamasının üzerinde yer alırken bunu 0.34 ile İç Anadolu Bölgesi takip etmektedir.

- Kişi başına GSYİH ile kişi başına hazır beton üretimi arasında oldukça yüksek bir regresyon olduğu belirlenmiştir. Kişi başına GSYİH artması ile kişi başına hazır beton üretimi lineer olarak artmaktadır. Benzer ilişki km² başına GSYİH ile kişi başına hazır beton üretimi arasında da belirlenmiştir. Karadeniz Bölgesi her iki regresyon analizinde de ortalama regresyon ifadesinin oldukça dışında olduğu açıkça görülmektedir.
- Ülkemizde 1999 yılında toplam tüketilen çimentonun % 21 hazır beton sektöründe kullanılırken 2002 yılında % 24 artarak %26 seviyesine çıkmıştır. Bu oran içinde Karadeniz bölgesinin payı 1999 yılında % 7, 5. sırada iken 2002 yılında anılan oran % 11'e çıkarken sıralamadaki yeri değişmemiştir.
- Dökülen beton sınıfları açısından Karadeniz Bölgesinde ağırlıklı BS14, BS18 ve BS 20 sınıfı beton dökülürken BS 25 ve üzeri yok denecek kadar (% 2) azdır. Yoğun kullanıma sahip Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde BS14 betonu azalırken BS 25 ve üzeri beton oranı artmaktadır.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma ile ilgili sonuç ve öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Ülkemizde 1992 yılında toplam 5.9 milyon ton olan hazır beton üretimi 4.3 kat artarak 2002 yılında 25.4 milyon ton'a çıkmıştır. Aynı dönemde THBB üyesi firmalar 1993 yılında 6.8 milyon ton olan üretimleri 2002 yılında 2.6 kat artarak 17.4 milyon ton olmuş, yıllık ortalama artış hızı % 13 olarak gerçekleşmiştir.
- 1992 yılında kişi başına hazır beton üretimi 0.10 m³/fert iken 2002 yılında % 258 artarak 0.37 m³/fert'e çıkmıştır. 10 yıllık dönem ortalaması 0.31 m³/fert'tir
- Hazır beton sektörümüz 1994 ekonomik krizi ve çimento sektöründeki özelleştirmeden etkilenmiş, asıl kırılma noktası ise 17 Ağustos 1999 Doğu Marmara Depremi ile yaşanmıştır. Sektör kendisini toplama imkanı bulmadan 2001 ekonomik krizi sektöre ikinci bir darbe vurmuştur (Çizelge 1, Şekil 2).

Çizelge 3. Karadeniz Bölgesi'nde Hazır Beton ile İlgili Büyüklüklerin Diğer Bölgelerimizle Karşılaştırılması ve Kişi Başına GSYİH ile Kişi Başına Hazır Beton ve km² Başına Hazır Beton Üretimi İlişkileri 2001.

BÖLGELER	Nüfus ve toplam içindeki oranı		Yüz ölçümü ve toplam içindeki oranı		Gayri Safi Yurt İçi Hasıla			Tesis sayısı ve toplamda oranı		THBB hazır beton üretimi			Km ² başına üretim (m ² /km ²)	Tesis başına üretim (m ² /tesis)
	x 10 ⁵	Oran (%)	Km ²	Oran (%)	x10 ⁶ \$/yıl	Oran (%)	Kişi başına (\$/fert)	(Adet/yıl)	Oran (%)	x10 ³ m ² /yıl	Oran (%)	Kişi başına üretim (m ² /fert)		
Marmara	17.365	25,6	67.000	8,4	47.038	37,1	2.709	107	40,8	6.751	38,7	0,39	100,8	63.096
Ege	8.938	13,2	79.000	9,9	21.199	16,7	2.372	51	19,5	2.674	15,3	0,30	33,9	52.438
Akdeniz	8.706	12,8	120.180	15,1	15.236	12,0	1.750	38	14,5	2.778	15,9	0,32	23,1	73.111
İç Anadolu	11.608	17,1	151.000	19,0	20.077	15,8	1.729	43	16,4	3.998	22,9	0,34	26,5	92.997
Karadeniz	8.439	12,4	141.000	17,7	11.768	9,3	1.394	10	3,8	295	1,7	0,04	2,1	29.575
Doğu Anadolu	6.137	9,1	163.000	20,5	4.448	3,5	725	3	1,1	228	1,3	0,04	1,4	76.322
G. D. Anadolu	6.608	9,7	75.000	9,4	6.985	5,5	1.057	10	3,8	730	4,2	0,11	9,7	73.053

THBB HAZIR BETON ÜRETİMİNİN BÖLGESEL DAĞILIMI

Marmara %38,7
İç Anadolu %22,9
Ege %15,3
Karadeniz %1,7
Doğu Anadolu %1,3
G. Doğu Anadolu %4,2

Kişi başına hazır beton üretimi, m²/fert

Kişi başına GSYİH, \$/fert

$y = 0.005183x - 0.0864$
 $n = 7, r = 0.939$

1 Marmara
2 Ege
3 Akdeniz
4 İç Anadolu
5 Karadeniz
6 Doğu Anadolu
7 G. Doğu Anadolu

Km² başına hazır beton üretimi, m²/fert

Kişi başına GSYİH, \$/fert

$y = 0.0419x + 42.073$
 $n = 7, r = 0.852$

1 Marmara
2 Ege
3 Akdeniz
4 İç Anadolu
5 Karadeniz
6 Doğu Anadolu
7 G. Doğu Anadolu

Çizelge 4. Yıllar İtibarı İle Çimento Tüketiminin Hazır Betonda Kullanım Oranlarının Bölgelere Göre Dağılımları (Ham veriler DPT, 2000; DPT, 2001 kaynaklarından alınmıştır).

BÖLGELER	1999		2000		2001		2002	
	Hazır Beton [ton/yıl]	Oran [%]	Hazır Beton [ton/yıl]	Oran [%]	Hazır Beton [ton/yıl]	Oran [%]	Hazır Beton [ton/yıl]	Oran [%]
Marmara	2.693.000	40,46	2.709.652	35,90	2.087.669	30,89	2.281.285	32,32
Ege	824.925	12,39	1.305.084	17,29	993.980	14,71	986.580	13,98
Akdeniz	965.421	14,50	677.247	8,97	1.085.134	16,05	995.619	14,11
Karadeniz	507.602	7,63	737.202	9,77	748.143	11,07	780.213	11,05
İç Anadolu	1.361.867	20,46	1.776.047	23,53	1.512.206	22,37	1.478.409	20,95
D. Anadolu	20.231	0,30	66.959	0,89	73.359	1,09	212.645	3,01
G.D.Anadolu	283.245	4,26	274.962	3,64	258.694	3,83	322.920	4,58
TOPLAM	6.656.291	100	7.547.153	100	6.759.185	100	7.057.671	100

1999

Kamu 1%
Diğer 16%
Hazır Beton 21%
Bayii 62%

2002

Diğer 11%
Hazır Beton 26%
İnşaat Şirketleri 4%
Müteahhit 3%
Prefabrik 2%
Kamu 1%
Bayii 53%

Çizelge 5. Bölgelere Göre Hazır Beton Döküm Dayanım Sınıflarının Dağılımı

BÖLGELER	BS 14	BS 18	BS 20	BS 25	+BS25
Marmara	15,84	34,9	32,06	13,19	4,01
Ege	20,25	41,42	29,09	4,45	4,79
Akdeniz	33,68	35,43	20,4	8,69	1,8
İç Anadolu	36,49	37,48	16,82	7,88	1,33
Karadeniz	39,54	30,9	27,86	1,59	0,11
G.Doğu Anadolu	64,12	0	29,89	0	5,99

Dayanım sınıfına göre hazır betonun yüzde dağılımı [%]

Marmara Ege Akdeniz İç Anadolu Karadeniz G.D. Anadolu

- Hazır beton üretiminde ön sıralarda yer alan 23 ülke içinde ülkemiz toplam 25 milyon ton hazır beton üretimi ile 7. sırada yer almaktadır. İlk sırada 315 milyon ton üretim ile ABD yer alırken bunu 71 milyon ton ile İspanya takip etmektedir. En büyük üretici durumundaki ABD hariç tutulursa ortalama üretim 18 milyon ton/yıl olmaktadır. Bu rakam dikkate alındığında ülkemiz toplam hazır beton üretiminin ortalamasının üzerinde bir performans sergilediğini söyleyebiliriz.
- En önemli gösterge olan kişi başı hazır beton üretiminde, ülkemiz toplam üretimdeki başarısını sergileyememiş, 0.37 m³/fert ile ortalamanın (0.75 m³/fert) yaklaşık yarısı kadar bir büyüklük oluşturmaktadır (Çizelge 2).
- Ülkemiz çimento üretiminin % 32'sini hazır betonda kullanırken bu oran ilk sırada yer alan İrlanda da % 90'dır. Değerlendirmeye alınan ülke ortalamaları % 49 olup, ülkemiz bu ortalamadan % 34 daha düşük bir kullanım oranına sahiptir. Bu durum ülkemizde elle beton dökümünün hala çok yaygın olduğunu, hazır beton kullanımının istenilen düzeye henüz ulaşmadığını göstermektedir.
- Karadeniz Bölgemiz 141.000 km² ile Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgemizden sonra 3. büyük bölgemizdir. Nüfus yoğunluğu bakımından Marmara 259 fert/km² ile birinci, 113 fert/km² ile Ege Bölgesi ikinci, G.D. Anadolu 88 fert/km² ile üçüncü, 77 fert/km² ile İç Anadolu Bölgesi dördüncü, 72 fert/km² ile Akdeniz Bölgesi beşinci sırada yer alırken Karadeniz Bölgemiz 60 fert/km² ile altıncı sırada ve 38 fert/km² ile Doğu Anadolu bölgesi son sırada yer almaktadır.
- Nüfus yoğunluğu ile ekonomik gelişme arasında direkt bir ilişki mevcuttur. Karadeniz Bölgemiz nüfus yoğunluğu açısından son sıralarda yer alırken ekonomik aktivite açısından da yeterli katma değer üretememektedir. Toplam GSYİH'nın % 9.5'ini oluştururken, sıralama açısından 5. Bölge durumundadır. En yüksek katma değer tahmin edilebileceği gibi Marmara bölgemiz tarafından (% 37.1) sağlanmaktadır. Ekonomik gelişmişlik açısından diğer önemli gösterge kişi başına GSYİH'dır. Karadeniz Bölgemiz 1394 \$/fert ile yine 5. sırada yer almaktadır. İlk sırayı 2709 \$/fert ile Marmara Bölgemiz oluştururken Doğu Anadolu Bölgesi 725 \$/fert ile son sırada yer almaktadır.
- Nüfus yoğunluğu ile ekonomik gelişme arasında direkt bir ilişki mevcuttur. Karadeniz Bölgemiz nüfus yoğunluğu açısından son sıralarda yer alırken ekonomik aktivite açısından da yeterli katma değer üretememektedir. Toplam

GSYİH'nın % 9.5'ini oluştururken, sıralama açısından 5. Bölge durumundadır. En yüksek katma değer tahmin edilebileceği gibi Marmara bölgemiz tarafından (% 37.1) sağlanmaktadır. Ekonomik gelişmişlik açısından diğer önemli gösterge kişi başına GSYİH'dır. Karadeniz Bölgemiz 1394 \$/fert ile yine 5. sırada yer almaktadır. İlk sırayı 2709 \$/fert ile Marmara Bölgemiz oluştururken Doğu Anadolu Bölgesi 725 \$/fert ile son sırada yer almaktadır.

- Karadeniz Bölgesi ülkemizde THBB üretimi içindeki payı % 1.7 gibi oldukça düşük seviyededir. Aslan payı % 38.7 ile Marmara'ya ait olurken bunu % 22.9 ile İç Anadolu bölgesi takip etmektedir. Karadeniz Bölgesi ekonomik açıdan yeterli gelişmemesinin yanında hazır beton üretimindeki payının düşük olması beklenen bir sonuçtur. Burada önemli olan bir başka nokta ise THBB üyesi üretim yapan firma sayısının bölge büyüklüğüne göre oldukça az olması (% 3.8) ve buna bağlı olarak da kaliteli hazır beton üretiminin düşük seviyelerde kalmasıdır.
- Kişi başına hazır beton açısından Karadeniz bölgesi Doğu Anadolu Bölgesi ile kişi başı 0.04 m³/fert ile son sırayı paylaşmaktadır. Bu oran Türkiye ortalaması olan 0.37 m³/fert'in yaklaşık 1/10'dur. Marmara bölgesi 0.39 m³/fert Türkiye ortalamasının üzerinde yer alırken bunu 0.34 m³/fert ile İç Anadolu Bölgesi takip etmektedir.
- Kişi başına GSYİH ile kişi başına hazır beton üretimi arasında oldukça yüksek bir regresyon olduğu belirlenmiştir. Kişi başına GSYİH artması ile kişi başına hazır beton üretimi lineer olarak artmaktadır. Benzer ilişki km² başına GSYİH ile kişi başına hazır beton üretimi arasında da belirlenmiştir. Karadeniz Bölgesi her iki regresyon analizinde de ortalama regresyon ifadesinin oldukça dışında olduğu açıkça görülmektedir.
- Ülkemizde 1999 yılında toplam tüketilen çimentonun % 21 hazır beton sektöründe kullanılırken 2002 yılında % 24 artarak %26 seviyesine çıkmıştır. Bu oran içinde Karadeniz bölgesinin payı 1999 yılında % 7, 5. sırada iken 2002 yılında anılan oran % 11'e çıkarken sıralamadaki yeri değişmemiştir.
- Dökülen beton sınıfları açısından Karadeniz Bölgesinde ağırlıklı BS14, BS18 ve BS 20 sınıfı beton dökülürken BS 25 ve üzeri yok denecek kadar (% 2) azdır. Yoğun kullanıma sahip Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde BS14 betonu azalırken BS 25 ve üzeri beton oranı artmaktadır.

- Görüldüğü gibi Karadeniz Bölgemiz hazır beton açısından hiç de iç açıcı durumda değildir. Bölge ile ilgili kısa öneriler şu şekilde ifade edilebilir:
 - Ülkemizde bölgeler arasında büyük ekonomik gelişmişlik farkları bulunmaktadır. Bu farklar devletçe uygulanacak ciddi teşvik ve tedbirlerle olabildiğince azaltılmalıdır. Karadeniz Bölgemizin teşvik yatırımlardan yeterince yararlanamadığı kişi başı GSYİH ve nüfus yoğunluğundan açıkça görülmektedir. Hazır beton açısından bakıldığında; ülke genelinde tesis sayısı ve üretim açısından bir dengesizlik mevcuttur. Kapasite fazlalığının bulunduğu bölgelerde, giderek kalite düzeyini de olumsuz yönde etkileyen fiyat rekabetleri yaşanmakta, bu da sektöre zarar vermektedir. Bu durumun önüne geçilmesi için teşvik planlamalarının daha dar alanlar için ve çok dikkatli yapılması, gerçekten ihtiyaç bulunan noktalarda uygulanması ve yerel yönetimlerle mesleki kuruluşların bu konudaki deneyim ve birikimlerinden yararlanılması gerekmektedir.
 - Bölgemizde yaşanan en büyük sorun kaliteli agrega teminidir. Sektörün agrega ihtiyacı giderek artmakta, ancak agrega kaynakları daralmaktadır. 1 m³ betonda, ortalama 1.8 ton agrega kullanıldığı düşünülürse, agreganın beton üretimi açısından taşıdığı önem daha iyi anlaşılacaktır. Kalitesi yüksek doğal agregaların özellikle su kaynakları civarında bulunması, bunların çıkartılması konusunda yerel yönetimler ve sektör mensupları arasında anlaşmazlıklara neden olabilmektedir. Diğer yandan bölgenin arazi yapısının hayli engebeli olması taşocağı işletmeciliğinin zor şartlar altında yürütülmesine neden olmakta, ocaklarda işletme zorlukları ve maliyet açısından artık kullanımı kalmayan “galeri patlatması” yöntemi ile üretim yapılması yoluna gidilmekte, bu durum ise beraberinde bir çok sorunu da getirmektedir (bkz. Yılmaz vd., 2002; Yılmaz ve Çavuşoğlu, 2003). Agregta ocaklarının bazılarının Özel İdare bazıları ise Maden Kanunu kapsamında bulunması yetki karmaşası yaratmaktadır. Maden Kanunu'nun revize edilerek, bu ocakların tümünün bu kanun kapsamına alınması ve bu sektörün,

uzun vadeli programlar yapmasına izin verecek yasal altyapının oluşturulması gerekmektedir.

- Ülkemizin ve bölgemizin hazır beton sektörünün yaşadığı en önemli sorun, standart dışı kalitesiz üretim ve faturasız satışlarla sektörde haksız rekabete ve tüketicinin mağduriyetine yol açan bazı hazır beton üreticileridir. Bu konuda ciddi tedbirler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Arıoğlu, E., Girgin, C., 2003, Avrupa Hazır Beton Birliği (ERMCO) Üyesi ve Belli Başlı Ülkelerde-ki Hazır beton üretimlerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi, *Hazır Beton Dergisi*, Türkiye Hazır beton Birliği, Mayıs-Haziran, İstanbul.
- DPT, 2000, *Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Çimento ve Hazır Beton)*, Sekinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2505, ÖİK 525, Ankara.
- DPT, 2001, *Endüstriyel Hammaddeler Altı Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri IV (Çimento Hammaddeleri)*, Sekinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2614, ÖİK 625, Ankara.
- ERMCO, 2001, European Ready-Mixed Concrete Industry Statistics, European Ready Mixed Concrete Organization.
- Önder, İ., Arıoğlu, E., Yılmaz, A.O., 2003, *Türkiye Ekonomisi: Genel Perspektif, Sorunlar, Öneriler ve Madencilik Sektörümüzün Kısa Değerlendirilmesi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Mayıs, İstanbul.
- Özsöylev, T., Hazır Beton ve Ekipmanları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Safel, R., 2000, *İnşaat Sektörü*, Vakıflar Bankası Sektör Araştırmaları Serisi, No: 21, Ekim, İstanbul.
- TCMB, 2003, *Çimento İstatistikleri*, Ekim, İstanbul.
- Yılmaz, A.O., Demir, C.; Kaya, R., Tatarhan, A., 2002, *Doğu Karadeniz Bölgesinde Bulunan Taşocaklarını İncelenmesi*, VI. Bölgesel Kaya Mekanikliği Sempozyumu, Konya 10-11 Ekim.
- Yılmaz, A.O., 2003, *İstatistiklerle Çimento Sektörü*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, (Yayımlanmamış Rapor) Trabzon.
- Yılmaz, A.O; Çavuşoğlu, İ., 2003, *Doğu Karadeniz Bölgesinde Agregta İşletmeciliğinin Sorunları ve Öneriler*. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, İstanbul Üniversitesi, 17-20 Şubat.
- URL-1: <http://www.dic.gov.tr>, 2003
- URL-2: <http://www.thbb.org/engine.php?ID=46>, 2003
- URL-3: <http://www.dpt.gov.tr>, 2003
- URL-4: <http://www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/of01-006/cement.pdf>, 2003.
- URL-5: www.etimenkul.com.tr, 2002
- URL-6: <http://www.akcansa.com.tr>, 2003

Çimento Hammaddelerinin Kalite ve Rezervinin Kriging Yöntemiyle Modellenmesi

A.Ersoy & T.Y.Yünel

Çukurova Üniversitesi, Müh-Mim. Fak., Maden Müh. Böl.

Ü. Atıcı

Niğde Üniversitesi, Müh-Mim. Fak., Jeoloji Müh. Böl.

ÖZET: Endüstriyel hammaddelerin geliştirilmesi, işletilmesi ve üretilmesi yeterli miktarda rezerv ve kalite ile mümkündür. Klasik yöntemlerle yapılan hammadde ve maden yataklarının rezerv değerlendirilmesi kalite ve rezerv değişimlerini ve hesaplama sonucundaki hata oranını göstermemektedir. Ancak, Modern jeostatistik yöntemler hammadde yatağındaki yapısal değişimi modellemekle birlikte, tahmin sonucundaki hata miktarını da vermektedir. Böylece tahminin doğruluğu ve güvenilirliği de artmaktadır. Bu çalışmada bir çimento fabrikasına ait hammadde yataklarının kalite ve rezervi modellenmiştir. Uzaysal verilerin değerlendirilmesinde klasik istatistik ve jeostatistik yöntemler beraber kullanılmıştır. Kalite değişimleri için yapılan deneysel yönlü ve yönsüz variogramlar geometrik ve zonal anizotropi göstermiştir. Variogram modeli çapraz doğrulama testleri ile yapılmıştır. Başarılı bir hammadde üretimi ve planlanması için rezerv ve kalite ilişkisi belirlenerek belirli kalitelerde veya kalite aralıklarında ordinary kriging sonuçları kullanılarak toplam rezerv hesaplanmıştır.

ABSTRACT: The production and developing of industrial materials depend on in quantity of their reserve and grade. Traditional estimation techniques used in the reserve and grade evaluation of industrial deposits, do not show on the variability of grade, and do not allow a determination of the reliability of the estimates. However, modern geostatistical methods, make structural modelling of the deposit and provide a calculation of the measure of the error associated with estimates. Thus, the reliability and estimate confidence are increased. This study addresses on quality and reserve characteristics of the cement raw materials of a cement factory. This study has been carried out using both conventional statistics and geostatistics methods. Directional and omnidirectional experimental variograms of the cement quality variables showed neither geometric nor zonal anisotropy. The variogram model has been tested by cross validation analysis. Quality, reserve curves and total tonnage estimation in the particular grade were determined using the ordinary kriging results in order to make successful the mining operation and planning.

1 GİRİŞ

Endüstri ve sanayinin lokomotifi hammaddelerdir. Hammaddenin geliştirilmesi, işletilmesi ve üretilmesi yeterli miktarda rezerv ve kalite ile mümkündür. Diğer bir deyişle hammadde faaliyetleri eldeki malzemenin miktarı ve niteliğine bağlıdır. Hammadde yatağının rezerv hesaplama yöntemi, hammaddenin tipine, jeolojisine, boyutuna, arazi sınıflarına, yüzeyden ve sondajlardan elde edilen bilgilere bağlı olarak seçilmektedir.

Genellikle, ülkemizde işletilmesi veya üretilmesi planlanan hammadde kaynaklarının rezerv ve kalite dağılımı ve modellenmesi klasik yöntemlerle yapılmaktadır. Bu tahminlerde hata oranı yüksek olup, bu hataların büyüklükleri sağlıklı olarak

belirlenememektedir. Bu nedenle, jeostatistik modelleme tekniklerinin avantajları klasik yöntemlerden son derece fazla ve kullanışlı olup, jeostatistik yöntemlerin üstünlükleri kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Hammaddenin devamlılığını ve sürekliliğini belirtir.
- Yatakta her yönde rezerv parametre dağılımlarının farklılıklarını ortaya koyar. Dolayısıyla yataktaki anizotropiyi ölçer.
- Rezerv değişkenlerinin etki alanlarını belirtir.
- Yataktaki uyumsuzluk dağılımını belirler.
- Örneklem doğruluğunu ve optimum örneklem dizaynını yapar.
- Yapılan hesap ve tahminden sonra hata oranını belirtir.

- Hammadde yatağının işletme ve üretim planlamasına yardımcı olur.

Dünyada Jeoistatistiğin madencilğe uygulanması yetmişli yılların sonlarına doğru başlamıştır (David, 1977; Journel ve Huijbregts, 1978). Madencilik ile başlayan jeoistatistik gelişimini çevre sorunları ve çevre (özellikle toprak ve su) kirliliği, petrol rezervuarlarının modellenmesi alanlarında sürdürmüştür (Isaaks ve Srivastava, 1989; Cressie, 1991; Ersoy ve Waller, 1998; Verhoef ve Barry, 1998). Jeoistatistik yöntemler maden yataklarının modellenmesi, rezerv parametrelerinin değişimi ve dağılımı, rezerv tahmini ve işletme tasarımı için oldukça kullanışlıdır (Isaaks ve Srivastava, 1989; Wackernagel, 1995; Clark ve Harper, 2000).

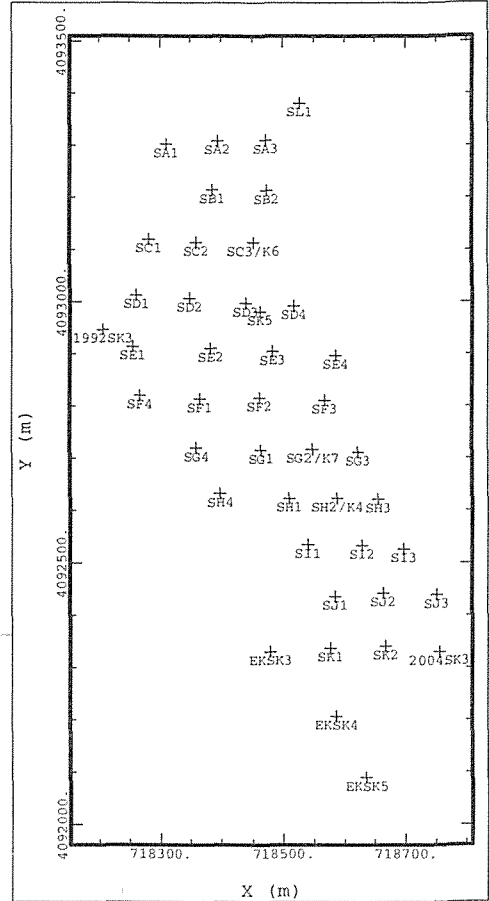
Ülkemizde Jeoistatistiğin madencilğe ve endüstriyel hammadde kaynaklarına uygulanması oldukça zayıf kalmıştır. Yapılan literatür araştırmasına göre, ülkemizde Jeoistatistiğin madencilik ile ilgili bilimsel çalışmaları çok sınırlı olup, bunların bir kısmı teoriye yönelik bir kısmı da spesifik uygulama alanlarını göstermektedir (Kürkçü ve diğerleri, 1993; Saraç ve Tercan, 1996; Tercan, 1999; Tercan ve Özçelik, 2000; Tercan ve Karayığit, 2001; Tercan ve Saraç, 2001; Yunsel ve diğerleri, 2002). Bu çalışmada, çimento hammaddelerinin işletme ve üretimi için rezerv ve kalite analizlerinin jeoistatistik yöntemlerle modellenmesi amaçlanmıştır.

2 MATERYAL VE METOD

Çalışma sahası, bir çimento fabrikasının hammadde ocaklarına ait olup, yaklaşık 461443 m²'lik alanı kapsamaktadır. Çalışma alanının jeolojisi; killi kalker, marn, kıltaşı, kumtaşı, kaliçi birimleri olarak tespit edilmiştir. Bu birimler; Üst Miyosen yaşlı olup, hammadde ocağının temel bileşenleridir. Kumtaşı çimento üretim proseslerini olumsuz yönde etkilediği için genellikle istenmeyen bir malzemedir. Bu birimleri şapka şeklinde örten Kuvaterner yaşlı kaliçi (ikincil kalker) birimleri bulunmaktadır. İnceleme alanındaki birimlerin tabaka eğimleri 3-5° olup, doğuya doğru eğimlidir. Tabakaların doğrultuları Kuzey-Güney yönündedir. Eğimlerin az olması nedeniyle, rezerv hesaplanmasında hammadde tabakaları yatay ve yataya yakın olduğu kabul edilmiştir.

Sondaj lokasyonları için etüt alanında grid dizaynı uygulanmıştır. Topografik ve jeolojik şartlar esas alınarak iki sondaj arasındaki mesafe yaklaşık olarak 80-100m olarak düşünülmüştür. Sondaj kuyuları +40 kotuna kadar delinmiştir. Bunun nedeni, +40 kotuna kadar hammadde alındıktan sonra ocak içerisinde su birikintilerinin önlenmesi ve

su atımının kolayca sağlanmasıdır. Sondaj derinlikleri topografik kot şartlarına göre değişim göstermekle birlikte genelde 15 ile 25 m arasındadır. Çalışma alanına ait sondaj kuyu lokasyonları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait sondaj kuyu lokasyonları.

Sondaj sırasında sondaj kuyusu boyunca farklı mesafe ve farklı her jeolojik birim için hammadde birimini temsil edecek şekilde yeterli miktarda ve sayıda örnekleme yapılmıştır. Her bir örneğin CaO, SiO₂, Fe₂O₃, MgO, Na₂O, K₂O oranları ve kızdırma kaybının belirlenmesi için kimyasal analizler yapılmıştır. Bu analizler baz alınarak kireç standardı (KST), alüminyum modülü (AIM) ve silikat modülü (SiM) aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır. Veriler üç boyutlu jeoistatistiksel analize uygun olup, çimento kalite değişkenleri için jeoistatistik analizler yapılmıştır. Bunun için uluslararası ticari program olan Isatis (Geovariances, 2001) kullanılmıştır.

$$\text{Kireç Standard} = \frac{\text{CaO} \times 100}{2.8 \text{SiO}_2 + 1.18 \text{Al}_2\text{O}_3 + 0.65 \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (1)$$

$$\text{Alüminyum Modülü (AIM)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (2)$$

$$\text{Silikat Modülü (SiM)} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (3)$$

3 TANIMLAYICI İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Etüt alanı için çeşitli derinliklere sahip 43 adet sondaj kuyu verisi kullanılmıştır. Hammade yataklarının üç boyutlu olarak modellenmesinde sondaj kuyu loglarının kompozitlere dönüştürülmesi temel bir aşamadır. Kompozitler aynı kuyuda yer alan değişik kalınlığa sahip jeolojik birimleri temsil eden eşit kalınlıklara veya aralıklara bölünmüş loglardır. Veriler 2,5 m'lik aralık veya kalınlıklardan 369 adet kompozit verisi elde edilmiştir. Tüm jeoistatistik analizler bu kompozit veriler üzerinden yapılmıştır.

Çimento hammaddelerinin hazırlanması, üretim planlanması ve çimento üretim aşamaları esas alınarak KST kalker için, AIM ve SiM marn (killer için) karakteristik kaliteler olarak değerlendirilmiştir. Diğer yandan kimyasal analizler baz alınarak, karbonatlı kayalar için (kireçtaşları) CaO'in % 45 ve üzeri miktarları (kimyasal değerleri) "Kalker" olarak; CaO'in % 45 altı ise "Killi Kalker" olarak adlandırılmıştır. Çünkü, CaO'in % 45 altı kimyasal değerlerdeki kalkerlerde killer baskın içerik olarak bulunmaktadır. Böylece, KST "kalker ve killi kalker" için; AIM ve SiM değerleri marn için kalite kriteri olarak düşünülmüştür. Kumtaşının modellenmesinde SiO₂ oranları kriter olarak alınmıştır. Diğer bir deyişle kumtaşı içerisindeki SiO₂ miktarları kumtaşının kalitesi olarak değerlendirilmiştir.

Veri setinin merkezi eğilim ölçümleri hem sayısal hemde grafiksel olarak sunulmuştur. Kalker (KST), killi kalker (KST), marn (AIM ve SiM) ve kumtaşı için özet istatistiği Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi KST (kalker ve killi kalker) AIM (marn) ve kumtaşı merkezi eğilim ölçüleri, (mod, medyan, ortalama) değerlerinin birbirlerine yakın olması verilerin normal dağılıma uyduğunu göstermektedir. Ancak, dağılım değişkenlerine baktığımızda örneğin çarpıklık ve sivrilik marn (SiM) için farklılıklar sunmaktadır. Genelde, bir veri dağılımının çarpıklığı "1"den düşüğe, bu veri dağılımının normal olduğu kabul

edilir. Sivrilikte aranan değer ise üç civarındadır. KST (kalker ve killi kalker), AIM (marn) değerlerinin çarpıklığı birden oldukça düşüktür. Diğer yandan KST değerlerinin sivriligi kalker ve killi kalkerde üçün altında, AIM değerlerinin sivriligi marn'da üç civarındadır. Bu değerlendirmeler KST (kalker ve killi kalker), AIM (marn) ve kumtaşı verileri dağılımının normal olduğuna işaret etmektedir. Ancak, SiM (marn) çarpıklığı "1"den oldukça büyük (2.43) olup; SiM'in sivriligi ise üç değerinin üç katıdır (8.99). Bu sivrilik ve çarpıklık değerleri SiM verilerinin normal dağılım göstermediğinin önemli kanıtlarıdır.

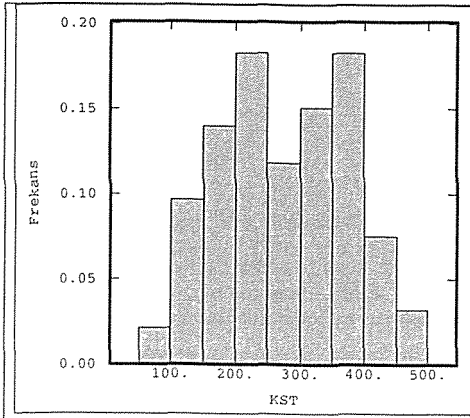
Çizelge 1. Hammaddelerin kompozit verilerinin özet istatistiği.

Değişken	Kalker Killi Kalker (KST)	Kalker Killi Kalker (KST)	Marn (AIM)	Marn (SiM)	Kumtaşı (% SiO ₂)
Veri Sayısı	93	70	164	164	42
Minimum	83	62	1.41	2	26
Maksimum	494	209	2.05	4	46
Ortalama	278	139	1.77	3	36
Mod	153	166	1.72	2.4	36
Medyan	283	139	1.79	2.4	37
Standard Sapma	103	36	0.12	0.40	4.42
Varyans	10633	1286	0.01	0.16	20
Çarpıklık	0.08	-0.09	-0.33	2.43	-0.36
Sivrilik	2.06	2.26	3.43	8.99	2.83
Değişim Katsayısı	0.37	0.26	0.07	0.16	0.12

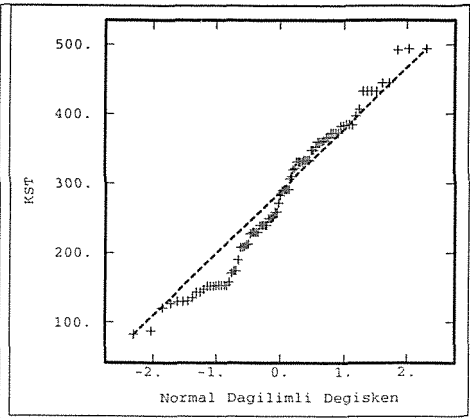
Şekil 2 a, c, e, g, i de verilerin histogram grafikleri, b, d, f, h, j de ise olasılık grafikleri verilmiştir. Bu şekillerin incelenmesiyle kalker (KST), killi kalker (KST), marn (AIM) histogram ve kumtaşı grafiklerinin yaklaşık olarak normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak, marn hammaddesindeki SiM'nün histogram ve olasılık grafiğinin normal dağılıma uymadığı, asimetrik bir dağılım ve önemli oranda sapma sergilediği gözlenmektedir (Şekil 2, g, h).

4 VARIOGRAM ANALİZİ

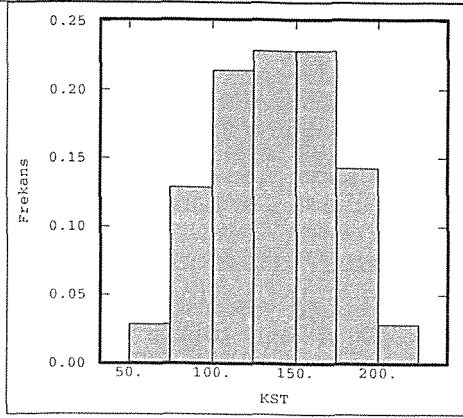
Variogram analizinde önemli parametreler anizotropi yönünün bulunması ve örnek mesafelerinin belirlenmesidir. Anizotropinin tespiti için arazi üzerinde değişik yönlerde variogram analizi yapılmıştır. Yapılan yönlü variogram analizinde 0°, 45°, 90°, 135°'lik açılar kullanılmış olup, her bir yön (açı) için varyans analizi yapılmıştır. Variogram analizinde herhangi bir anizotropi yönüne rastlanmamıştır. Kısaca, hammadde yataklanmasında belirli bir yönde ve mesafede belirgin bir farklılık (zonal ve geometrik anizotropi) ve eğilim görülmemiştir.



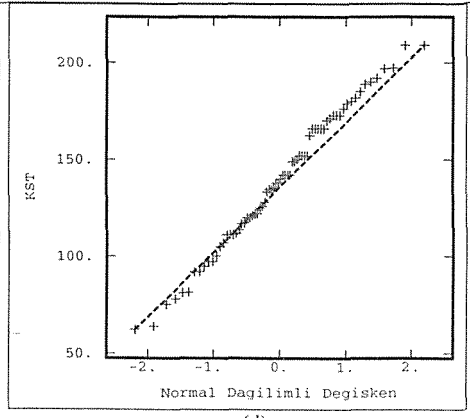
(a)



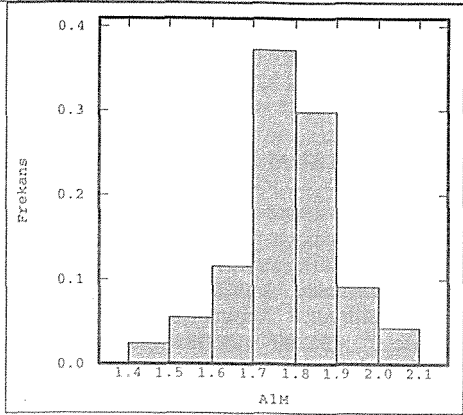
(b)



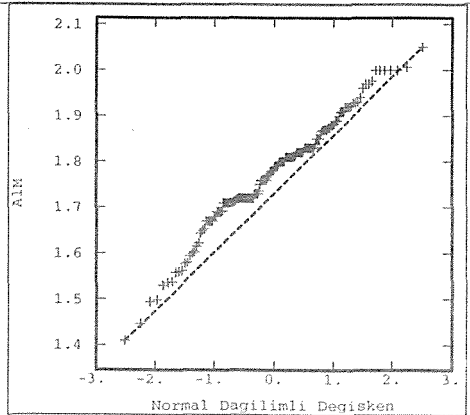
(c)



(d)

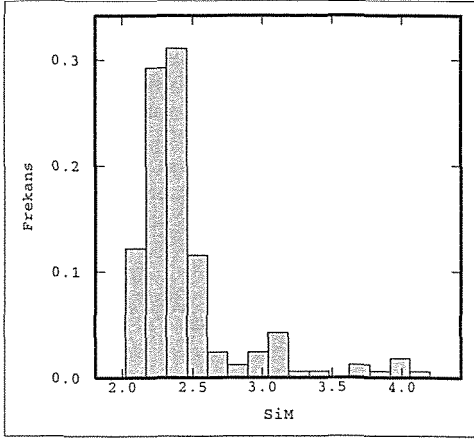


(e)

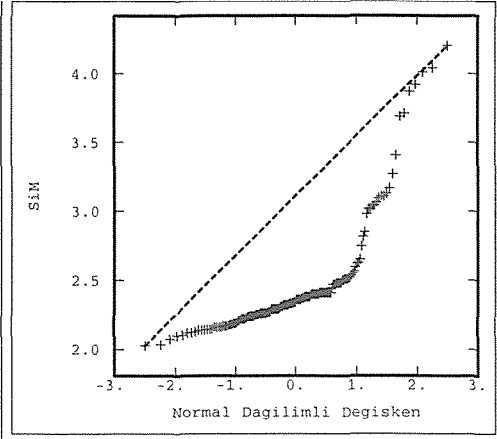


(f)

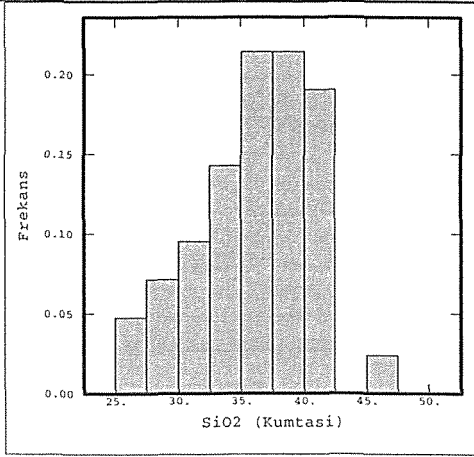
Şekil 2. Hammaddede kalite değişkenlerinin histogram ve olasılık grafikleri: a,b) Kalker (KST); c,d) Killi kalker (KST); e,f) Marm (AIM).



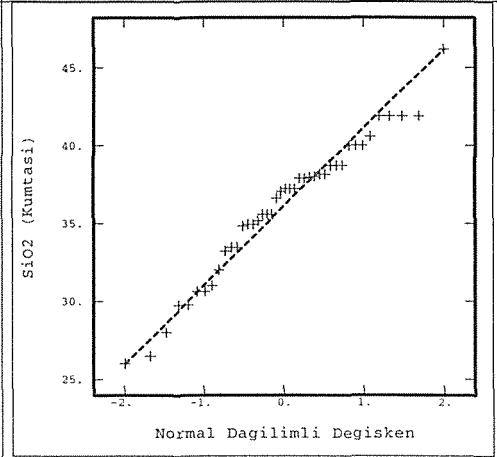
(g)



(h)



(i)



(j)

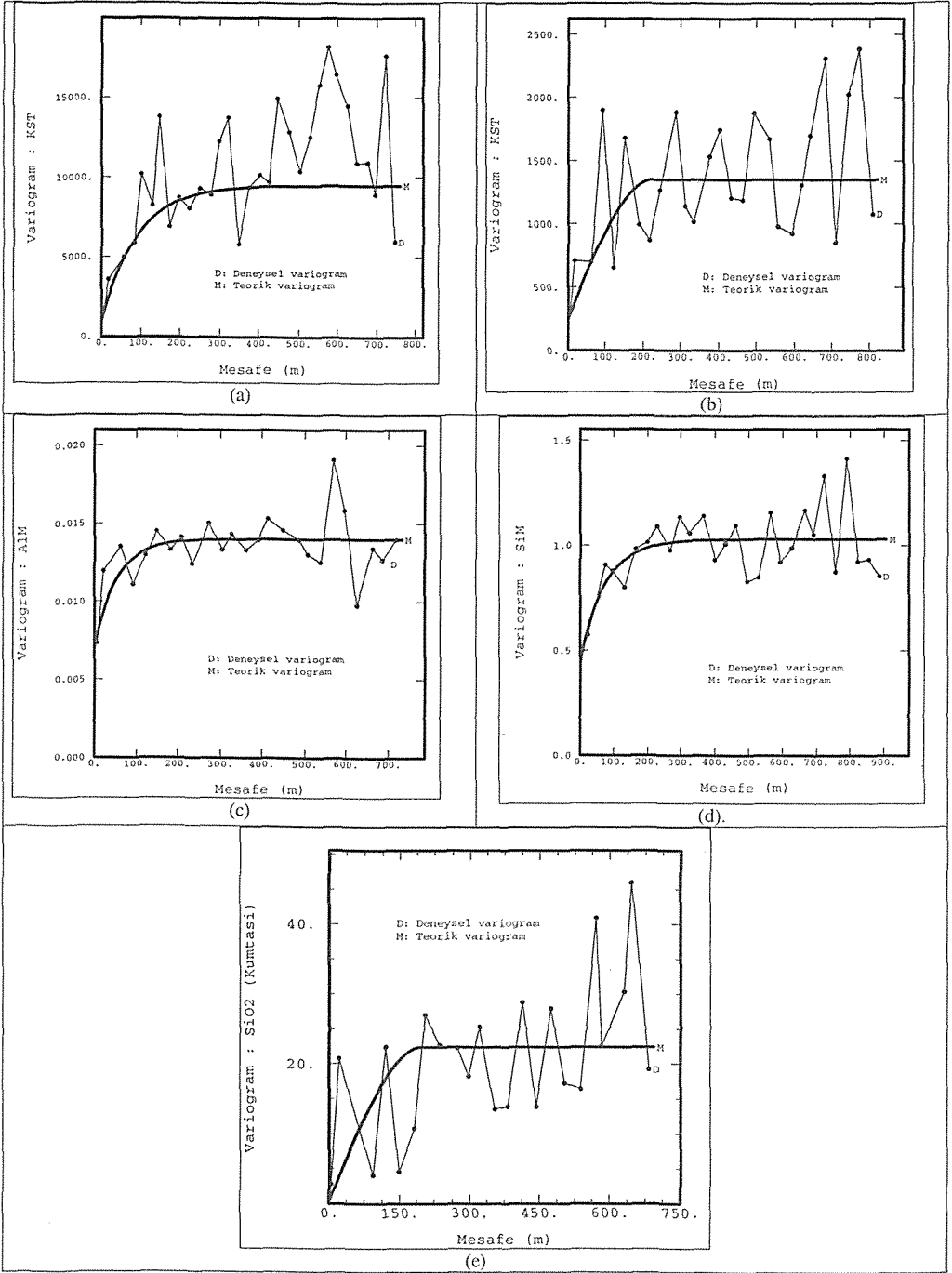
Şekil 2'nin devamı: g,h) Marn (SiM); i,j) Kumtaşı (SiO₂).

Bu nedenle, yönlü variogram grafikleri burada verilmemiştir. KST (kalker ve killi kalker) AIM, SiM (marn) ve SiO₂ (kumtaşı) için yapılan yönsüz variogram modelleri Şekil 3'de verilmiştir. Teorik variogramlar deneysel (yani modüllere ait verilerle yapılan) variogramlara etkili ve verimli olarak uygunluk göstermiştir. Veriler iyi bir variogram yapısı ve uzaysal (spatial) korelasyon göstermiştir. Yani örnekleme tasarımının (örneklemenin, sondaj lokasyonlarının, sondajlar arası mesafelerin) yeterli ve etkili olduğu, yeraltı hammadde modellemesinin uygun ve doğru olduğu belirlenmiştir. Şekil 3'de verilen variogram grafiklerinin parametreleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Variogram modelleri üssel ve küreseldir. Örnekler arasındaki değişim (varyans) belirli bir mesafeye kadar artmış ve bu seviyeden sonra değişim çok az ve hiç olmamıştır.

Bu değişimin olmadığı nokta etki mesafesi ve silli verir. Bu seviyeden sonra örneklerin birbirleriyle ilişkisi olmadığı yorumu yapılır.

Çizelge 2. Variogram parametreleri.

	Kalker (KST)	Killi Kalker (KST)	Marn (AIM)	Marn (SiM)	Kumtaşı (% SiO ₂)
Variogram Modeli	Üssel	Küresel	Üssel	Üssel	Küresel
Örnekler arası mesafe (m)	25	31	30	33	30
Örnek çifti sayısı	31	27	25	28	24
Yapısal Etki	8500	1100	0.007	0.58	22
Etki mesafesi (m)	275	225	160	225	200
Külçe (Nugget)	1000	250	0.007	0.45	0.4



Şekil 3. Yönsüz deneysel ve teorik variogram modelleri a) Kalker (KST), b) Killi kalker (KST), c) Marn (AlM), d) Marn (SiM), e) Kumtaşı (% SiO₂)

4.1 Çapraz Doğrulama Testleri

Variogram modellerinin uygunluğu ve etkinliği çapraz doğrulama (Cross Validation) analizleriyle test edilmiştir. Variogram parametrelerinin kullanılmasıyla verilerin doğrulama analizi yapılmıştır. Bu test sırasında çalışma alanından elde edilen her bir orijinal veri tek tek yokmuş gibi kabul edilerek ve yok sayılan noktadaki değer, komşu noktaların değerlerine ve geliştirilen variogram modeline bağlı parametreler kullanılarak tahmin yapılmıştır. Tahmin değeri ile bu noktanın kendi orijinal (gerçek) değeri arasındaki farkı "tahmin hatası" olarak adlandırılmıştır. Tahmin hataları standardize edilmiştir. Standardize değerlerinin ortalamalarının "0", standart sapma ve varyanslarının "1"e yakın olması gerekir.

Çapraz doğrulama testlerinde örneklerin komşuluk özellikleri belirlenmiştir. Komşuluk, çapraz doğrulama testleri esnasında silinen nokta değerinin tahmin edilmesinde kullanılan ve bu noktanın tahmininde hangi komşuluk noktalarının kullanılması gerektiğini belirleyen önemli bir özelliktir.

Tahmin hesaplarının yer aldığı grid dizaynı üç boyutlu hücreler olarak düşünülmüştür. Oluşturulan grid parametreleri Çizelge 3'de verilmiştir. Gridlerin oluşturulması tamamlandıktan sonra hammadde yataklarının büyük bir kısmını içine alan bir dikdörtgenler prizması formunda tahmin yapılmıştır. Tahmin hesaplamalarından sonra genel tahmin hacminden, çalışma alanı poligon alanı dışında kalan ve topografya üzerinde kalan hacimler çıkarılarak, çalışma alanı hacmi bulunmuştur.

Çizelge 3. Oluşturulan grid parametreleri.

	X	Y	Z
Orijin	718150	4092000	36
Hücre boyu	25	25	1.5
Hücre sayısı	28	60	26

Çapraz doğrulama testlerinde (tahmin hesaplarında) kullanılan komşuluk parametreleri Çizelge 4'de verilmiştir. Bu komşuluk parametreleri örnek noktalarının tahmininde kullanılmıştır. Örneğin, KST (kalker)'de tahmin edilecek bir örnek noktası için 6 komşu örnek kullanılmakta olup, her tahmin edilecek olan noktadan, X ekseninden 160 m, Y ekseninden 160 m uzaklıkta bulunan alan eşit olarak iki sektöre ayrılmıştır. Her bir sektör arama yarıçapı içerisinde kalan gerekli örnek sayısının tahmini için kullanılmıştır. Çapraz doğrulama test sonuçlarının grafiksel formu örnek olarak sadece kalker için Şekil 4'de verilmiştir. Diğer hammadde

bileşenleri içinde aynı test grafikleri yapılmıştır. Ancak, bu grafikler burada verilmemiştir. Şekil 4.a. sondaj lokasyonlarındaki tahmin hatalarını göstermektedir. Lokasyon haritasındaki hatalar oldukça küçüktür. Gerçek değerlerle tahmin edilmiş değerler diyagonal (linear) çizgi boyunca düzenli olarak dağılması, gerçek ve tahmin edilmiş değerler arasında kuvvetli bir korelasyonun (doğrusal bir ilişkinin) bulunduğunu göstermektedir (Şekil 4.b). Bu durum yapılan analizlerin, modellerin ve tahmin hesaplarının doğruluğunu göstermektedir. Verilerin standardize edilmiş değerlerinin histogramları yapılan modellerin normal dağılıma uyduğunu göstermektedir (Şekil 4.c). Artık değerler (gözlemlenmiş değerlerle tahmin edilmiş değerler arasındaki fark) sıfır çizgisinin (X eksenin) etrafında tesadüfi, simetrik ve homojen olarak dağılması, yapılan modellerin ve analizlerin uygun ve yeterli olduğuna işaret etmektedir (Şekil 4.d). Sonuç olarak, çapraz doğrulama testleri yapılan modellemenin doğruluğunu ve yeterliliğini ortaya koymaktadır.

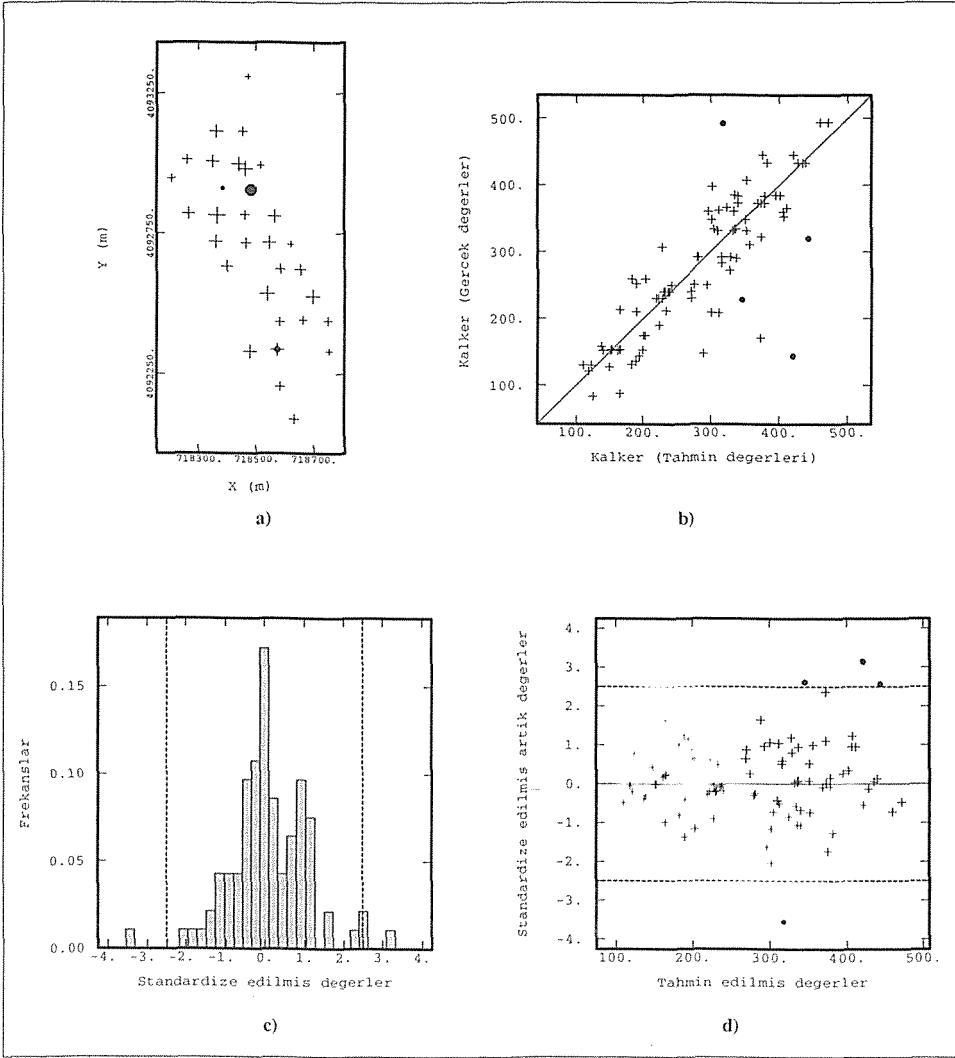
Çizelge 4. Çapraz doğrulama testlerinde kullanılan komşuluk parametreleri.

	Kalker (KST)	Killi Kalker (KST)	Marn (AIM)	Marn (SiM)	Kumtaşı (% SiO ₂)
Sektör sayısı	2	4	4	4	4
Minimum örnek sayısı	1	1	1	1	1
Optimum örnek sayısı	6	3	2	3	3
Arama Çapı	X	160	275	225	200
	Y	160	275	225	200
	Z	18	11	9	11

Çizelge 5. Çapraz doğrulama testlerinin hata sonuçları.

Değişken	Standart Hata	
	Ortalama	Varyans
Kalker (KST)	0.09802	0.99993
Killi Kalker (KST)	0.03309	1.05377
Marn (SiM)	-0.01505	0.99151
Marn (AIM)	0.00495	1.00969
% SiO ₂ (Kumtaşı)	0.00782	1.01707

Standart hata ortalamasının sıfır veya sıfıra yakın, standart hata varyansının ise bir veya bir'e yakın olması beklenir. Çizelge 5'den görüldüğü gibi tahmin hata sonuçlarına göre standart hata ortalaması "0" (sıfır) ve standart sapması (varyans)"1" (bir) civarında bulunmuştur. Bu sonuçlar oldukça ideal olup, yapılan variogram analizlerinin ve çapraz doğrulama testlerinin doğruluğunu ve uygunluğunu ifade etmektedir.



Şekil 4. Kalker (KST)'ye ait çapraz doğrulama grafikleri: a) Hata miktarını gösteren lokasyon haritası, b) Gerçek ve tahmin edilmiş değerler arasındaki ilişki, c) Standardize edilmiş değerlerin histogramı, d) Artık değerlerin dağılımı.

4.2 Rezerv ve Kalite

Çapraz doğrulama aşamasından sonra, en son işlem olan arazi üzerindeki rezerv tahminine geçilir. Bu adımda arazi belli gridlere bölünür ve her griddede bir önceki çapraz doğrulama bölümünde kullanılan komşuluk ve variogram parametreleri kullanılarak tüm noktalarda tahmin yapılır. Bu yöntem, "Ordinary Kriging" olarak adlandırılır, madencilik ve çevre biliminde çok sık kullanılan yöntem olarak bilinir. Bu teknik, özellikle kömür ve çimento hammaddeleri gibi sedimanter oluşumlu yani düzgün tabakalı dağılım gösteren maden yatakları

için oldukça yaygın kullanılır. Bu hesaplama tekniğinde tahmin yapılacak bölgedeki ortalamaların, kitle ortalaması ile ilgisi olmadığı varsayılır ve bölgesel olarak sadece komşuluk içerisinde kalan örnekler kullanılarak tahmin yapılır. Tahmin esnasında, kullanılacak örneklere minimum hata varyansı verecek şekilde ağırlıklar uygulanarak tahmin hesaplanır.

Rezerv hesaplamalarında KST, AIM ve SiM kalite sınıflamaları (kalite aralıkları) kriter alınmıştır. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi KST kalker için, AIM ve SiM killeri (marn) için

karakteristik kimyasal modüllerdir. Diğer bir deyişle, bu kimyasal modüller çimento hammaddelerinin kalitelerini belirlemektedir. Bu nedenle, modüllerin kalite aralıkları belirlenerek, bu aralıklara denk gelen hammadde tonajları hesaplanmıştır. Kalite aralıkları hammadde hazırlama ve çimento üretim aşamaları baz alınarak sınıflandırılmıştır. Örneğin, KST'nin kalkerlerdeki (CaO %45 üzeri) kalite aralıkları 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 aralıklarına isabet eden kalker tonajı gibi. Kumtaşı örneklerindeki kimyasal % SiO₂ içerikleri kumtaşının kalitesi olarak değerlendirilmiştir. Böylece SiO₂ miktarı baz alınarak kumtaşı rezervi hesaplanmıştır. Çünkü, SiO₂ kumtaşının en belirleyici ve çimento açısından en karakteristik unsurudur. Belirli kalitelere veya aralıklara denk gelen hammadde rezervleri, kalınlığın hesaplandığı hücre sayısı, bir hücre hacmi ve kömür yoğunluğu ile çarpılarak hesaplanmıştır.

Kimyasal modüller ve hammadde jeolojik birimleri için kalite ve tonaj eğrileri çizilmiştir. Burada örnek olarak sadece Kalker (KST) için kalite ve rezerv grafikleri Şekil 5'de sunulmuştur. Bu şekilde belirli modül veya kalite değerlerinde veya aralıklarında ilgili hammadde tonajı (rezervi) kolayca görülebilmektedir. İşletme kalitesi herhangi bir madenin veya hammaddenin işletme sınır değeridir. Bu değer in altında kalan kısımlar için üretim yapılmaz. Ancak, çimento hammadde modüllerinin işletme kalite sınırı olarak, bu modüllerin en küçük (minimum) değerleri hammaddelerin işletme üretim sınır kalitesi olarak değerlendirilmiştir. Çünkü, hammaddeler karıştırıldığından zaman zaman en küçük modül değerlerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuç olarak, çimento hammaddeleri için bir üretim sınır kalitesi belirlemek oldukça zor ve gereksizdir. İşletme kalite sınırı üzerindeki hammadde rezervleri aşağıdaki eşitliğin kullanılmasıyla hesaplanmıştır.

$$T(\sum T_i): V_b d \quad (4)$$

Burada;

$\sum T_i$: Birinci bloğun toplam tonajı,

V_b : Birinci bloğun hacmi (m³),

d: Yoğunluk (ton/m³)

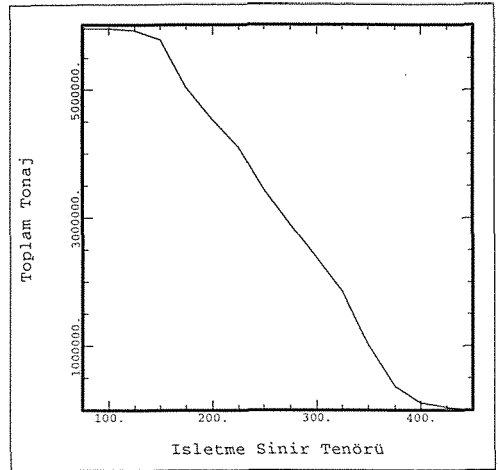
İşletme kalitesi üzerindeki ortalama kalite aşağıdaki eşitliğin kullanılması ile bulunmuştur.

$$m = \frac{1}{n} \sum m_i \quad (5)$$

Burada;

m_i : Ortalama kalite birimi,

n: Örnek sayısı.



Şekil 5. Kalker'e (KST) ait rezerv kalite grafiği.

Belirli modül-kalite değerlerinde veya aralıklarında, KST (kalker ve killi kalker), AlM ve SiM (marn) ve % SiO₂ (kumtaşı)'nın rezerv ve kalite ilişkileri Çizelge 6-10'da ayrıntılı olarak sunulmuştur. Burada belirli kalitelere veya kalite aralıklarında toplam rezerv sayısal olarak görülmektedir. Ayrıca her aralığın veya kaliteye karşılık gelen toplam rezerv miktarının ortalama kalitesi de verilmiştir. Bu çizelgeler üretim planlamasının esasını oluşturmaktadır.

Çizelge 6. Kalker (KST)'nin rezerv ve kalite ilişkisi.

İşletme sınır kalite aralıkları (%)	Sınır kalite üzerindeki toplam rezerv (ton)	Sınır kalite üzerinde kalan toplam rezervin ortalama kalitesi
450	4838	456
400	113681	420
350	1013456	374
300	2348606	348
250	3420113	325
200	4496456	302
150	5739694	274
100	5913844	270

Çizelge 7. Killi Kalker (KST)'nin rezerv ve kalite ilişkisi.

İşletme sınır kalite aralıkları (%)	Sınır kalite üzerindeki toplam rezerv (ton)	Sınır kalite üzerinde kalan toplam rezervin ortalama kalitesi
170	283594	178
140	1719713	158
110	3139950	144
80	3620925	138

Çizelge 8. Marn (AlM)'in rezerv ve kalite ilişkisi.

İşetme sınır kalite aralıkları (%)	Sınır kalite üzerindeki toplam rezerv (ton)	Sınır kalite üzerinde kalan toplam rezervin ortalama kalitesi
2.00	38091	2.00
1.95	114272	1.97
1.90	304725	1.94
1.85	1570678	1.88
1.80	3625331	1.85
1.75	6280472	1.82
1.70	9025238	1.79
1.65	10111941	1.78
1.60	10219491	1.78

Çizelge 9. Marn (SiM)'in rezerv ve kalite ilişkisi.

İşetme sınır kalite aralıkları (%)	Sınır kalite üzerindeki toplam rezerv (ton)	Sınır kalite üzerinde kalan toplam rezervin ortalama kalitesi
3.2	129956	3.27
3	259913	3.18
2.8	555675	3.04
2.6	869363	2.91
2.4	2229422	2.63
2.2	10049203	2.40
2	10219491	2.39

Çizelge 10. Kumtaşı (% SiO₂)'in rezerv ve kalite ilişkisi.

İşetme sınır kalite aralıkları (%)	Sınır kalite üzerindeki toplam rezerv (ton)	Sınır kalite üzerinde kalan toplam rezervin ortalama kalitesi
40	370500	41
36	1577063	39
32	2025563	38
28	2408250	37
24	2425313	36

Çalışma alanındaki hammaddelerin toplam rezerv özeti KST'nin belirli kalite aralıklarında kalker ve killi kalker rezervleri; AIM ve SiM'nin belirli kalite aralıklarında marn rezervleri ve kumtaşı rezervleri toplu olarak Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Çalışma alanındaki hammaddenin toplam rezervleri.

	Kalker (KST)	Killi kalker (KST)	Marn (AlM)	Marn (SiM)	Kumtaşı (SiO ₂)
Toplam rezerv (ton)	5,913,844	3,620,925	10,219,491	10,219,491	2,425,313
	9,534,769		10,219,491		
	19,754,260				
			22,179,573		

5 SONUÇLAR

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki noktalar halinde özetlenebilir:

1. Kimyasal veriler organize edilerek jeostatistik analizine elverişli hale getirilmiştir.

2. Öncelikle tüm verilerin tanımlayıcı istatistiksel analizleri yapılmıştır. Merkezi eğilim, dağılım ve değişkenlik ölçüleriyle verilerin normal dağılıma uyup uymadığı sayısal ve grafiksel formlarda belirlenmiştir.

3. Variogram analizi yapılarak, variogram modelleri geliştirilmiştir. Bu analizlerde ve yönlü variogram modellerinde hammadde yataklarının belirli bir yönde ve mesafede zonal ve geometrik anizotropi, herhangi bir yönelim ve farklılık göstermediğinden yönsüz yatay variogramlar kullanılmıştır.

4. Variogram modellerinin doğruluğu ve etkinliği çapraz doğrulama analizleri ile test edilmiştir. Çapraz doğrulama, lokasyon haritasındaki hatalar, testleri tahmin edilmiş değerle gerçek değerler arasındaki ilişki grafikleri, tahmin sonuç hatalarının ortalamaları ve standart sapma kriterleri baz alınarak yapılmıştır. Deneysel ve teorik variogram modelleri birbirleriyle uyum göstermiştir.

5. Hammaddelerin rezerv ve kalite ilişkisi belirlenmiştir. Belirli kalitelerde veya aralıklarında ve toplam rezerv hesaplanmıştır. Ayrıca belirli kalite değerlerine veya aralıklarına denk kalite ortalamaları verilmiştir.

6. Etüt alanında yaklaşık olarak 6 milyon ton kalker, 3.5 milyon ton killi kalker, 10.2 milyon ton marn ve 2.4 milyon ton kumtaşı olmak üzere toplam 22.2 milyon ton hammadde rezervi hesaplanmıştır.

7. Tüm işlem ve değerlendirmelerde ortalama hata oranının % 1'in altında olduğu gözlenmiştir. Nitekim genel toplam rezerv miktarı ile ayrıntılı olarak hesaplanan toplam rezerv miktarı arasında binde dört oranında bir fark olduğu belirlenmiş olup, bu da % 0.4'e denk gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Clark, I., Harper, W.V. 2000. *Practical Geostatistics*. Greyden Press: Columbus. p. 116.
- Cressie, N.A.C., 1991. *Statistics for Spatial Data*. John Wiley. New York. USA
- David, M. 1977., *Geostatistical Ore Reserve Estimation*. Elsevier, Scientific Publishing Co., Amsterdam: The Netherlands.
- Ersoy, A., M.D. Waller, 1998. *Geostatistical Methods Applied to Contaminated Land by Abandoned Metal Mining*. Fifth International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production. May 18-20. 1998. Middle East Technical University. Ankara. A.A. Balkema Publishers: Rotterdam.
- Geovariances, 2001. *Isatis Software Manual*, France.
- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press. New York.

- Journel, A.G., Huijbregts, Ch.J., 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press. London
- Kürkçü, S.N., Ersoy, M., Dursun, E. 1993. *Jeoistatistiksel Yöntem Kullanarak Afşin Elbistan Havzası Çöllolar B-Sektörü Rezerv Belirleme Çalışması*. Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 10-14 Mayıs, ss. 29-42, İstanbul.
- Sarac, C., Tercan, A.E. 1996. *Grade and Reserve Estimation of the Tulovasi Borate Deposit by Block Kriging*. International Geology Review, 38: pp. 832-837.
- Tercan, A.E., Karayigit, A.I. 2001. *Estimation of Lignite Reserve in the Kalburçayiri Field, Kangal Basin, Sivas: Turkey*. International Journal of Coal Geology, 47: pp. 91-100.
- Tercan, A.E., Ozcelik, Y. 2000. *Geostatistical Evaluation of Dimension-stone Quarries*. Engineering Geology. 58: 25-33.
- Tercan, A.E., Saraç, C. 2001. *Spatial Variability of Cr₂O₃% in the Kizilyüksek-Yataardıç Chromite Deposit, Adana, Turkey*. International Geology Review. 43: pp. 676-682.
- Verhoef, J.M., Barry, R.P. 1998. *Constructing and Fitting Models for Cokriging and Multivariable Spatial Prediction*. Journal of statistical planning and inference. 69: pp. 275-294.
- Wackernagel, H., 1995. *Multivariate Geostatistics*. Springer-Verlag Heidelberg.
- Yunsel, T.Y., Ersoy, A., Çetin, M., 2002. *Geostatistical Analysis of Spatial Distribution of Salt Bed Thickness*. Journal of Mining Science. Vol. 38: No.6, p. 47-55.

Kompleks Cevherlerde (Pb, Zn, Cu) Kritik Tenörün Belirlenmesi ve İşletme Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi

A.O. Yılmaz

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Böl., Trabzon

F. Koçal

İller Bankası, Ankara

ÖZET: Bilindiği gibi Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi başta kurşun, çinko, bakır olmak üzere metal madenciliği açısından oldukça zengin bir bölgemizdir. Bu zengin potansiyelin üretime dönüştürülerek ülke ve bölge ekonomisine önemli katkılar sağlanması mümkündür. Halihazırda bölgede Karadeniz Bakır İşletmeleri ve Çayeli bakır İşletmesi olmak üzere iki önemli metal maden işletmesi faaliyetini sürdürmektedir. Bunun yanında kısa süre öncesine kadar faaliyeti sürdüren küçük ölçekli maden işletmeleri ne yazık ki çeşitli sorunlardan dolayı kapanmak zorunda kalmıştır. Son yıllarda değişik işletmecilik sorunları yanında metal fiyatlarındaki dalgalanmalar işletmeleri faaliyetlerini sorgulama noktasına getirmiş, bunun neticesi özellikle küçük işletmeler kapanmak zorunda kalmıştır. Bu bildiride kompleks cevher (Pb, Zn, Cu) üreten bir işletmede sınır tenör hesaplanması ayrıntılı olarak açıklanmakta ayrıca sınır tenörün işletme ekonomisi açısından önemi vurgulanmaktadır.

ABSTRACT: As it is well-known, Eastern Blacksea Region of our country is very rich in terms of metal mining such as lead, zinc, copper. It is possible to turn this rich potential into production which will make considerable contribution to the economy of the region and the country as well. At the moment two important metal mine enterprises, such as Blacksea Copper Enterprises and Çayeli Copper Enterprise is being operated. Furthermore, small scale mining enterprises, which used to be economically active until a recent date, had to be closed due to various problems. Recently, fluctuations in the metal prices, in addition to the various operational problems, have caused enterprises to question their activities and as a result, especially small scale ones had to close. In this study, cut-off grade in an enterprise producing complex ore (Pb, Zn, Cu) is explained and an emphasis is placed on the importance of the limit tenor in terms of the business economy.

1 GİRİŞ

İşletmelerin yaşayabilmesi iç faktörlerin (verimlilik, maliyetler, üretim vb) yanı sıra dış faktörlere de (vergi, fiyat oluşumları, işçilik ücretleri, rekabet vb) bağlıdır. İyi yönetilen, verimli çalışan bir işletme dış faktörlerin olumsuz tezahür etmesi durumunda faaliyeti durdurmak zorunda kalabilir. Metal madenciliğinde bu durum kendini çok daha net bir şekilde göstermektedir. Metal fiyatları dünya piyasalarındaki arz-talep durumuna göre belirlenmekte, işletmelerin bu durumu kabullenmekten başka yapabilecekler fazla bir şey bulunmamaktadır.

Bu bildiride öncelikle metal fiyatlarının (Pb, Zn,Cu) 1989-2006 döneminde gelişimi cari, 2002 sabit fiyatları ile irdelenmiş ayrıca fiyatların gelişimi 3, 5 yıllık hareketli ortalamalarla değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çalışmanın ana konusunu

oluşturan kritik tenör, kompleks cevherlerde hesaplama açılımı verilmiş, ayrıca konuya yönelik bir uygulama da yapılmıştır.

2 METAL FİYATLARI

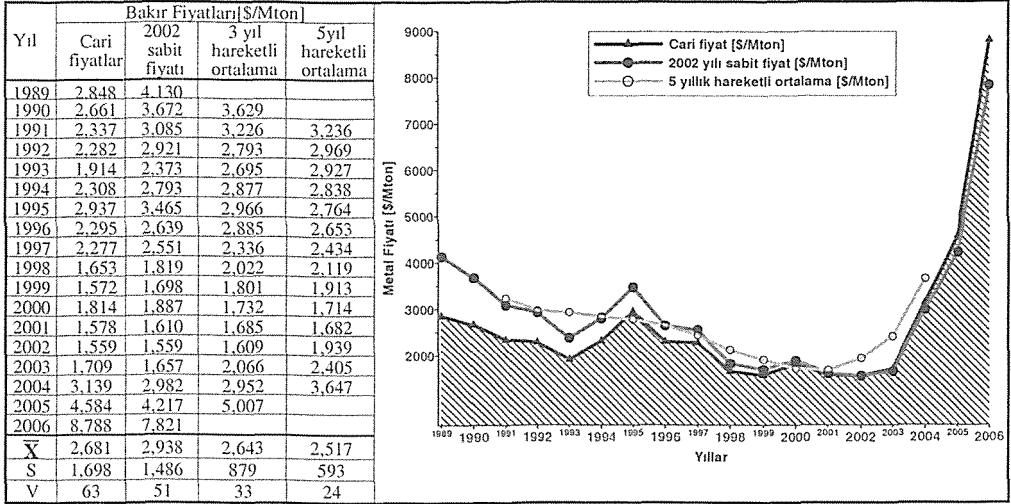
Kurşun, çinko ve bakır fiyatlarında 1990'lı yılların ortalarından itibaren sürekli düşüşler gözlenmiştir. 2006 yılında ise her üç metal için önemli yükselmeler gözlenmiştir 1989-2006 dönemini içeren bakır, kurşun, çinko fiyatlarındaki değişimler Çizelge 1,2,3'de gösterilmiştir.

Bakır fiyatları (cari fiyatlar) 1989 yılında 2800 \$/ton seviyesinden 1995 yılında en yüksek değer olan 2937 \$/ton mertebesine çıktıktan sonra sürekli düşüşler gözlenerek 2002 yılında en düşük değer olan 1559 \$/ton seviyesine inmiştir. 2006 yılında %200'ün üzerinde artış kaydederek 2006 yılı ilk altı

ayı içinde 8788 \$/ton olarak gerçekleşmiştir. Kurşun ve çinkoda ise 1989 yılında sırası ile 675 \$/ton, 1623 \$/ton seviyesinde olan fiyatlar, kurşun için 1996 yılında en yüksek değer olan 624 \$/ton'a, çinko için ise 1997 yılında 1316 \$/ton seviyesinde pik yapıpattan sonra 2002 yılında sırası ile en düşük

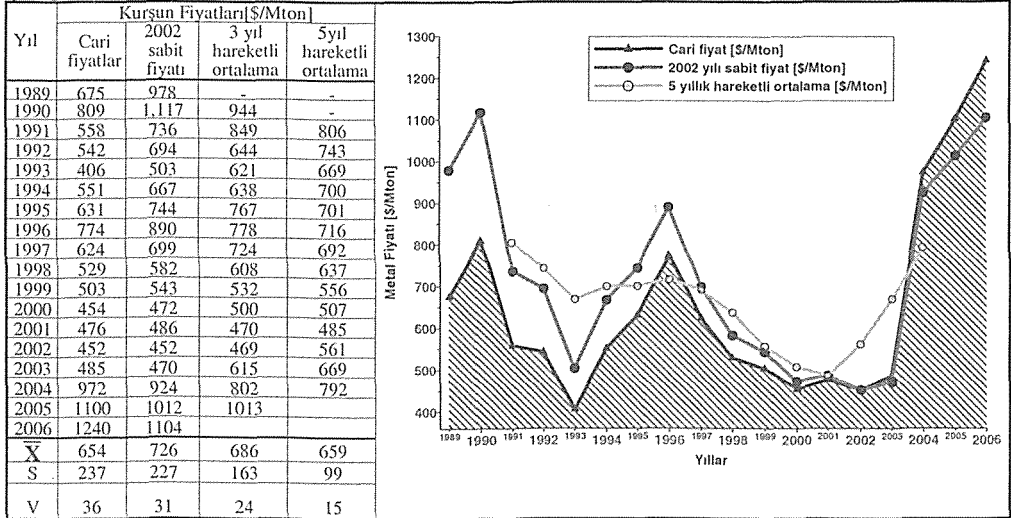
değerler olan 452 \$/ton, 776 \$/ton seviyesinde gerçekleşmiştir. 2006 yılı ilk altı ayında kurşun fiyatı %100'ün üzerinde artarak 1240 \$/ton düzeyine, çinko metalinin fiyatı ise %134 mertebesinde bir artış kaydederek 3805 \$/ton olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 1, 2).

Çizelge 1. Cari, Sabit ve 3-5 Yıllık Hareketli Ortalamalarla Bakır Fiyatlarındaki Değişimler (URL-1, URL-2)



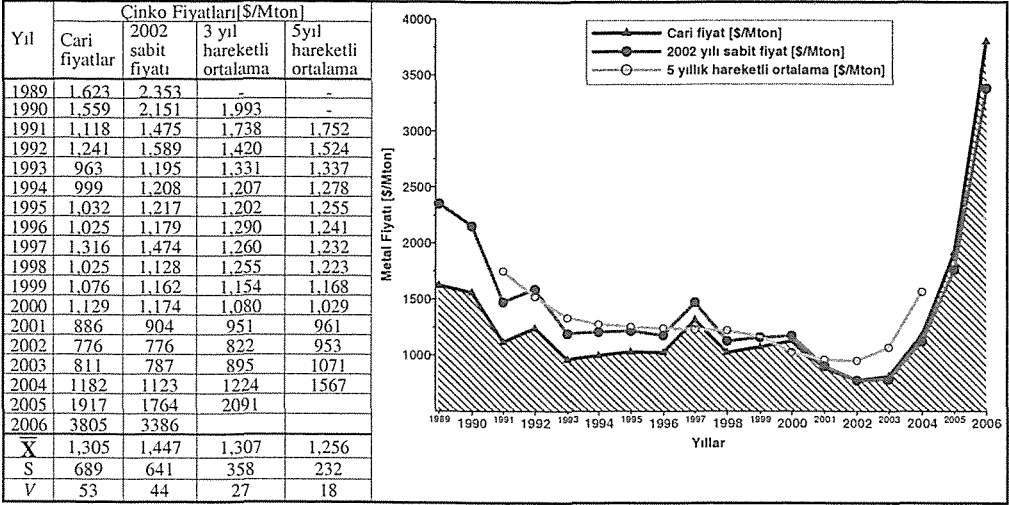
\bar{X} : Ortalama, S: Standart Sapma, V: Değişkenlik katsayısı, $v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100, \%$

Çizelge 2. Cari, Sabit ve 3-5 Yıllık Hareketli Ortalamalarla Kurşun Fiyatlarındaki Değişimler (URL-1, URL-2)



\bar{X} : Ortalama, S: Standart Sapma, V: Değişkenlik katsayısı, $v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100, \%$

Çizelge 3. Cari, Sabit ve 3-5 Yıl Hareketli Ortalamalarla Çinko Fiyatlarındaki Değişimler (URL-1, URL-2)



\bar{X} : Ortalama, S : Standart Sapma, V: Değişkenlik katsayısı, $v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100, \%$

3 KONSANTRE SATIŞ FİYATI VE KRİTİK TENÖRÜN HESAPLANMASI

Metal madenciliğinde satış işleminde her metalin kendine has satış formülü ve anlaşması vardır. Elde edilen konsantrenin izabehanelerin istediği asgari niteliklere uygun olması gerekir. Aksi takdirde ceza indirimi uygulanmaktadır. Bunun yanında konsantre-lerde prim sağlayan başka metal veya mineraller bulunması durumunda asıl satılan ürüne ilave olarak bu metal ve minerallerde gelir sağlamaktadır.

3.1 Konsantre Satış Fiyatının (net izabe geliri) Belirlenmesi

Satış fiyatı aşağıdaki ekonomik model yardımıyla bulunabilir (Hustrulid, Kuchta, 1995) -konsantre bazında-

$$S_{k_{aiz}} = [C_{k_y} \cdot (t_k - C_{k_p}) \cdot (S_{me} \cdot S_{me}) - M_{me}] - M_{k_i} - M_{k_{at}} + S_{k_p} \quad (1)$$

Burada:

$S_{k_{aiz}}$ = Satış fiyatı -net izabe geliri- (\$/ton.konsantre)

S_{me} = Satış fiyatı faktörü

S_{me} = Metal satışı fiyatı (\$/ton.metal)

M_{me} = Rafineri gideri (\$/ton.metal)

M_{k_i} = Konsantre bazında izabe maliyeti (\$/ton.konsantre)

$M_{k_{at}}$ = Konsantre bazında nakliye gideri (\$/ton.konsantre)

S_{k_p} = Konsantre bazında prim metal satışı fiyatı (\$/ton.konsantre)

C_{k_y} = Konsantre bazında yüzde izabe indirim (%)

C_{k_b} = Konsantre bazında birim izabe indirim (%)

t_k = Konsantrenin metal tenörü (%)

Bu model yardımı ile her konsantrenin satış fiyatı -net izabe geliri- ayrı ayrı aşağıda bulunmuştur.

3.2 Kritik Tenörün Hesaplanması

İşletmelerin karlılıkları, işletilen cevher yatağının kritik (sınır) tenörü ile yakından ilintilidir. Kritik tenör değerlendirilmesi, ekonomik açıdan işletilebilecek cevher rezervinin tespit edilmesi açısından çok önemli olup, cevher yatağı tenörünün, ekonomik açıdan işletilebilecek minimum cevher tenörüyle karşılaştırılmasını ifade etmektedir. İşletmelerin kritik tenörlerinin nasıl bulunduğu Çizelge 4'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Ayrıca kompleks bir cevhere yönelik örnek bir uygulama da hazırlanmıştır (Yılmaz&Arıoğlu, 2001; Yılmaz, 1998; Hustrulid&Kuchta, 1995).

Çizelge 4 Kritik Tenörün Hesaplanması

Konsantre bazında brüt izabe geliri	$S_k = [C_{k_y} \cdot (t_k - C_{k_b}) \cdot ((S_{me_f} \cdot S_{me}) - M_{me_f})]$
Bir ton tuvenan cevherden elde edilen konsantre miktarı	$K = \frac{\eta_k \cdot T \cdot t \cdot \eta_i}{t_k \cdot f_s}$
Bir ton tuvenan cevherin satış fiyatı	$S_{ce} = S_k \cdot K$
Konsantre bazında verilen fiyatları tuvenan cevheri şarj etmek için 1 ton konsantre için tuvenan cevher miktarının bulunması gerekir	$T = \frac{t_k \cdot f_s}{\eta_k \cdot t}$
İzabe giderinin tuvenan cevhere şarj edilmesi	$M_{ce_i} = \frac{M_{k_i}}{T} = \frac{M_{k_i} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s}$
Nakliye giderinin tuvenan cevhere şarj edilmesi	$M_{ce_{at}} = \frac{M_{k_{at}}}{T} = \frac{M_{k_{at}} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s}$
Prım cevher kazancının tuvenan cevhere şarj edilmesi	$S_{ce_p} = \frac{S_{k_p}}{T} = \frac{S_{k_p} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s}$
eşitlik daha açık yazılarak,	$S_{ce} - M_{ce_i} - M_{ce_{at}} + S_{ce_p} = M_{ce}$
	$\left[[C_{k_y} \cdot (t_k - C_{k_b}) \cdot ((S_{me_f} \cdot S_{me}) - M_{me_f})] \cdot \frac{\eta_k \cdot T \cdot t \cdot \eta_i}{t_k \cdot f_s} \right] - \frac{M_{k_i} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s} - \frac{M_{k_{at}} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s} + \frac{S_{k_p} \cdot \eta_k \cdot t}{t_k \cdot f_s} = M_{ce}$
denkleminde elde edilir.	
	$t_{cr} = \frac{M_{ce}}{\left[[C_{k_y} \cdot (t_k - C_{k_b}) \cdot ((S_{me_f} \cdot S_{me}) - M_{me_f})] \cdot \frac{\eta_k \cdot T \cdot \eta_i}{t_k \cdot f_s} \right] - \frac{M_{k_i} \cdot \eta_k}{t_k \cdot f_s} - \frac{M_{k_{at}} \cdot \eta_k}{t_k \cdot f_s} + \frac{S_{k_p} \cdot \eta_k}{t_k \cdot f_s}}$
t_{cr} , kritik tenör bulunur, %.	

Kritik tenörün bulunabilmesi için, önce her bir metalin brüt izabe gelirleri tuvenan cevhere şarj edilir. Konsantre bazında verilen izabe, nakliye giderleri ve prim sağlayan metal gelirleri de tuvenan cevhere şarj edilir. Satış fiyatını -net izabe geliri- tuvenan cevher bazında bulmak için brüt satış fiyatından -brüt izabe geliri- izabe ve nakliye giderleri çıkartılır. Ayrıca prim sağlayan metal geliri de ilave edilir. Bulunan satış fiyatı -net izabe geliri- işletme giderlerine eşitlenmek sureti ile kritik tenör bulunur.

4 ÖRNEK UYGULAMA

Aşağıda Çizelge 5’de bir kompleks cevher ile ilgili veriler verilmiştir. Cevher konsantresinin satış fiyatı ile kritik tenörün bulunması istenmektedir (Gentry ve O’neil, 1984; Arıoğlu, 1986; Köse, 1992; Turan, 1994; Yılmaz, 1998; Arıoğlu, Yılmaz, 2001; Yılmaz ve Arıoğlu, 2001,)

Çizelge 5 Konsantre Satış Fiyatı ve Kritik Tenör Uygulamasına Yönelik Veriler

Veriler	Kurşun	Çinko	Bakır	
Metal fiyatı (S_{ne}) (\$/ton)	630	1.000	2.300	
-metal bazında-				
Konsantre tenörü (t_k) (%)	80	53	28	
Konsantre verimi (η_k) (%)	85	86	77	
İzabe Gideri (M_{k_i}) (\$/ton)	150	200	100	
-konsantre bazında-				
İzabe İndirimi	Yüzde (C_{k_y})	95	85	-
-konsantreden-	Birim (C_{k_b})	-	-	1
Rafineri Gideri (M_{me_f}) (\$/ton)-metal bazında-	-	-	220	
Prim Metal Geliri (S_{k_p}) (\$/ton)-konsantre bazında-	120	-	80	
Fiyat ödeme faktörü (S_{me_f})	1			
Seyrelme Oranı (f_s) (%)	% 10 - $f_s = (1 + 0.10) = 1.1$			
İzabe Verimi (η_i) (%)	% 95			
Nakliye Gideri ($M_{k_{at}}$) (\$/ton)-konsantre bazında-	30			
İşletme Gideri (M_{ce}) (\$/ton)-tuvenan bazında-	28			

4.1 Konsantre Satış Fiyatının (net izabe geliri) Belirlenmesi

- Kurşun

$$S_{k_{aiz_{pb}}} = [C_{k_{zpb}} \cdot (t_{k_{pb}} - C_{k_{t_{pb}}}) \cdot (S_{m_{zpb}} \cdot S_{m_{e_{pb}}}) - M_{m_{zpb}}] - M_{k_{i_{pb}}} - M_{k_{a_{1pb}}} + S_{k_{r_{pb}}}$$

değerler yerlerine koyulursa

$$S_{k_{aiz_{pb}}} = (0.95 \times 0.80 \times 630) - 150 - 30 + 120$$

$$S_{k_{aiz_{pb}}} = 419 \text{ \$/ton. Konsantre}$$

- Çinko

$$S_{k_{aiz_{zn}}} = (0.85 \times 0.53 \times 1000) - 200 - 30$$

$$S_{k_{aiz_{zn}}} = 221 \text{ \$/ton. konsantre}$$

- Bakır

$$S_{k_{aiz_{cu}}} = [1 \times (0.28 - 0.01) \times ((1 \times 2300) - 220)] - 100 - 30 + 80$$

$$S_{k_{aiz_{cu}}} = 512 \text{ \$/ton. konsantre}$$

- Toplam satış fiyatı (net izabe geliri)

$$S_{k_{aiz_{top}}} = S_{k_{aiz_{pb}}} + S_{k_{aiz_{zn}}} + S_{k_{aiz_{cu}}} = 419 + 221 + 512$$

$$S_{k_{aiz_{top}}} = 1.152 \text{ \$/ton. konsantre}$$

olarak konsantre satış fiyatı bulunur.

4.1 Kritik Tenörün Hesaplanması

- Kurşun

- Brüt satış fiyatı -brüt izabe geliri-

$$S_{k_{t_{zpb}}} = [C_{k_{zpb}} \cdot (t_{k_{pb}} - C_{k_{t_{pb}}}) \cdot (S_{m_{zpb}} \cdot S_{m_{e_{pb}}}) - M_{m_{zpb}}]$$

$$S_{k_{aiz_{pb}}} = (0.95 \times 0.80 \times 630)$$

$$S_{k_{aiz_{pb}}} = 479 \text{ \$/ton}$$

- Bir ton tuvenan cevherden elde edilen kurşun konsantresi miktarı

$$K_{pb} = \frac{\eta_{k_{pb}} \cdot T_{pb} \cdot t_{pb} \cdot \eta_{i_{pb}}}{t_{k_{pb}} \cdot f_s} = \frac{0.85 \times 1 \times t_{pb} \times 0.95}{0.80 \times 1.10}$$

(T_{pb} : 1 ton tuvenan cevher miktarını ifade eder)

$$K_{pb} = 0.92 \times t_{pb}$$

- Bir ton konsantre için gerekli cevher miktarı

$$T_{pb} = \frac{t_{k_{pb}} \cdot f_s}{\eta_{k_{pb}} \cdot t_{pb}} = \frac{0.80 \times 1.10}{0.85 \times t_{pb}}$$

$$T_{pb} = 1.04 t_{pb}$$

- İzabe giderinin tuvenan cevhere şarj edilmesi

$$M_{cc_{i_{pb}}} = \frac{M_{k_{i_{pb}}}}{T_{pb}} = \frac{150}{1.04 t_{pb}}$$

$$M_{cc_{i_{pb}}} = 144.2 t_{pb}$$

- Nakliye giderinin tuvenan cevhere şarj edilmesi

$$M_{cc_{a_{1pb}}} = \frac{M_{k_{a_{1pb}}}}{T_{pb}} = \frac{30}{(1.04 t_{pb})}$$

$$M_{cc_{a_{1pb}}} = 28.84 t_{pb}$$

- Prim metal gelirinin tuvenan cevhere şarj edilmesi

$$S_{cc_{r_{pb}}} = \frac{S_{k_{r_{pb}}}}{T_{pb}} = \frac{120}{(1.04 t_{pb})}$$

$$S_{cc_{pb}} = 115.4 t_{pb}$$

- Bir ton tuvenan cevherin brüt izabe geliri

$$S_{cc_{biş_{pb}}} = S_{k_{biş_{pb}}} \cdot K_{pb} = 479 \times 0.92 t_{pb}$$

$$S_{cc_{biş_{pb}}} = 440.7 t_{pb}$$

- Bir ton tuvenan cevherin satış fiyatı -net izabe geliri-

$$S_{cc_{iğ_{pb}}} = S_{cc_{biş_{pb}}} - M_{cc_{i_{pb}}} - M_{cc_{ak_{pb}}} + S_{cc_{p_{pb}}}$$

$$S_{cc_{iğ_{pb}}} = 440.7 t_{pb} - 144.2 t_{pb} - 28.84 t_{pb} + 115.4 t_{pb}$$

$$S_{cc_{iğ_{pb}}} = 383.1 t_{pb}$$

Aynı hesaplamalar diğer metaller için ayrı ayrı yapırsa cevher bazında satış fiyatı -net izabe gelirleri- şu şekilde bulunur;

- Çinko

$$S_{cc_{iğ_{zn}}} = 292.1 t_{zn}$$

- Bakır

$$S_{cc_{iğ_{cu}}} = 1208.8 t_{cu}$$

Elde edilen bu satış fiyatları -net izabe gelirleri- toplanarak işletme giderine eşitlenir

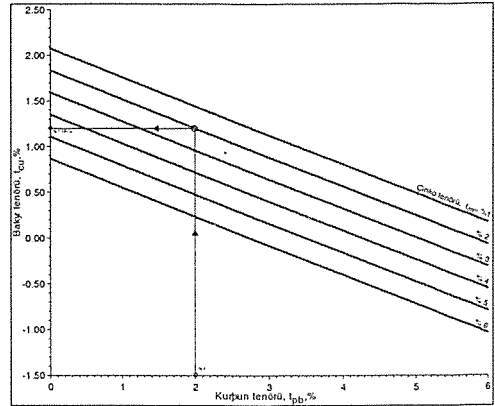
$$S_{cc_{iğ_{top}}} = S_{cc_{iğ_{pb}}} + S_{cc_{iğ_{zn}}} + S_{cc_{iğ_{cu}}}$$

$$383.1 t_{pb} + 292.1 t_{zn} + 1208.8 t_{cu} = 28$$

Değişik Pb, Zn ve Cu tenörleri için hesaplanan değerler Çizelge 6'da gösterilmiştir. Tablonun grafiksel değişimi ise Şekil 1'de görülmektedir.

Çizelge 6 Kurşun-Çinko-Bakır Uygulaması İçin Kritik Tenör Değerleri

Pb (%)	0	0	7.31	1	1	2	4
Zn (%)	0	9.59	0	4.14	1	2	1.03
Cu (%)	2.32	0	0	1	1.76	1.20	0.8



Şekil 1 Pb ve Zn tenörüne bağlı olarak Cu tenörünün değişimi

5 SONUÇLAR

Çalışma ile ilgili sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Metal fiyatlarında son 15 yıl içinde önemli düşüşler meydana gelmiştir. Fiyatlar 2003 yılında 1989 yılına göre bakırda % 40, kurşunda % 28 ve çinkoda % 50 oranında düşmüştür. Özellikle son iki yılda metal fiyatlarında ciddi artışlar olmuştur. 2006 yılı ilk altı ayında bakır fiyatlarında 1989 yılına göre %200'e varan yükselmeler kaydedilirken, artış oranı çinkoda %130 olarak gerçekleşmiştir. Kurşun fiyatlarındaki artış oranı daha sınırlı düzeyde kalmıştır.
- Bir maden işletmesi en fazla metal fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmektedir. Öyle ki metal fiyatlarındaki % 10 artış işletmenin "net bugünkü değer"i üzerinde % 237 değişime neden olurken bunu % 119 ile tuvenan cevher tenörü ve cevher hazırlama randımanı, %93 ile seyrelme oranı %109 ile konsantr tenörü takip etmektedir (Yılmaz, 2005). Bu açıdan metal fiyatlarındaki artış ve düşüşler işletmelerin karlılıklarını olağanüstü etkilemektedir.
- Metal madenciliğinde ekonomik anlamda işletilebilecek en düşük tenör değerine "kritik tenör" denir. Kritik tenör işletme parametrelerinin (cevher kazanım oranı, metal fiyatı, seyrelme oranı, işletme maliyeti vb) olumlu olması durumunda düşerken, olumsuz olması durumunda ise yükselmektedir. Kritik tenör en hassas biçimde etkileyen parametre, işletme ekonomik modelinin en fazla duyarlı olduğu gibi metal fiyatlarıdır. Metal fiyatlarındaki artış ve azalışlar işletilecek sınır

tenörü değerinin artmasına ve düşmesine neden olmaktadır. Örneğin çinko için işletme maliyeti 15 \$/ton olması durumunda 770 \$/ton metal satış fiyatında kritik tenör % 8 iken, metal fiyatı 900 \$/ton olması durumunda kritik tenör %5.5'e düşmektedir (Yılmaz, 2005).

- İşletmelerde kritik tenör değerinin en hassas biçimde hesaplanması maden yatağının ekonomik değerlendirmesi açısından çok önemlidir. İşletmede tek bir ürün elde edilmesi durumunda kritik tenörün hesaplanması daha kolaydır. Kompleks cevherlerde ise hesaplama daha ayrıntılı olarak gerçekleştirilir. Kompleks cevherlerde her üç cevherin değişik tenör değerlerindeki değişimlere göre kritik tenörün değeri belirlenir. Örneğin kompleks bir cevher yatağında kurşun (Pb) tenörü ve çinko (Zn) tenörü sıfır alındığında bakır tenörü en az % 2.32 olmalıdır. Eğer bakır ve çinko tenörü sıfır alınırsa yatağın eşdeğer kritik tenörü kurşun bazında en az % 7.31 olmalıdır. Bakır ve kurşun tenörü sıfır olursa bu durumda yatağın eşdeğer çinko tenörü %9.59 olarak hesaplanır. Burada dikkat edilmesi gereken, hesaplanan kritik tenör değerleri metal fiyatlarındaki değişimlere göre değişecektir. Metal fiyatları artarken ilgili tenör değeri düşecek, düşmesi durumunda ise yükseleceği açıktır.
- Metal fiyatlarındaki son dönemdeki artışlar kritik tenör değerlerinin düşmesine neden olmakta, bu da düşük tenörlü maden yataklarının işletilmesine imkan sağlamaktadır. Kritik tenör hesaplanması maden yataklarının işletilebilecek ekonomik potansiyelini ortaya çıkarması

açısından önemli değerlendirme verileri ortaya kaymaktadır.

KAYNAKLAR

- Arıoğlu, E., 1986, Jeoloji Mühendisleri İçin Madencilik Bilgisi, İ.T.Ü. Vakfı Kitap Yayınları, İstanbul.No: 4
- Arıoğlu, E., Yılmaz, A.O, 2001, Çözümlü Problemlerle Pratik Madencilik problemleri, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara.
- Gentry, D.W., O'Neil, T.J. 1984, Mine Investment Analysis , American Institute of Mining, Metallurgical , and Petroleum Engineering, Inc. New York.
- Hustrulid, W., Kuchta, M.,1995; *Open Pit Planning & Design*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Köse, H., Kahraman, B.,1992; *Maden İşletme Ekonomisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No 223, İzmir.
- Turan, M.,1994; Metal Madenlerinde, Pazarlama, Cevher Satışları ve Fiyat Oluşumu, *İTÜ 40.Yıl Sempozyumu*, İstanbul.
- Yılmaz, A.O,1998; Doğu Karadeniz Bölgesinde Faaliyet Gösteren Küçük ve Orta Ölçekli Üç Kurşun-Çinko Maden İşletmesinin Ekonomiklik Analizi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Maden Fak. Maden Müh. Bölümü, İstanbul.
- Yılmaz, A.O., Arıoğlu, E., 2001; Ülkemiz Madencilik Sektörünün Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler Bazında İncelenmesi, *Mamder Madencilik Araştırma Merkezi Derneği*, Ankara.
- Yılmaz, A.O.,2005 Metal Madencilğinde Metal Fiyatlarının İşletme Performansı Üzerine Etkileri, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası, Haziran, Ankara.
- URL-1: <http://www.lme.co.uk>; 2006
- URL-2:<http://www.metalprices.com>,2006

Net Bugünkü Değerin (Npv) Maksimizasyonu İçin Optimum Cutoff Tenörünün Belirlenmesi

A. Başçetin

Istanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl. 34320, Avcılar, İstanbul, TÜRKİYE

A. Nieto

Virginia Polytechnic Institute and State University, Mining and Minerals Engineering, 100 Holden Hall, Blacksburg, 24061-0239, Virginia, USA

ÖZET: Bir açık ocak madeni için cutoff tenörü stratejisi, söz konusu projenin yıllık nakit akışları ve net bugünkü değerini etkileyen önemli unsurlardan biridir. Günümüze kadar bazı araştırmacılar tarafından cutoff tenörü optimizasyonu için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Cutoff tenörü optimizasyonu için geliştirilen bu algoritmalarda yaygın olarak kullanılan kriter, Net Bugünkü Değer'in optimizasyonuna yöneliktir. Bu çalışma, bir projenin NPV değerinin maksimizasyonu için klasik K. Lane algoritmasına dayalı optimum cutoff tenörü stratejisinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla, çalışmada generalized reduced gradient (GRG) olarak bilinen matematiksel bir algoritma kullanılmış ve klasik K. Lane algoritmasına bir optimizasyon faktörü ilave edilerek modifiye edilmiştir. Virginia Tech. laboratuvarlarında geliştirilen bu algoritmanın ayrıca excell tabanlı ve visual basic arayüzüne sahip bir paket programında geliştirilerek pratikte kullanımı da sağlanmıştır. Geliştirilen metodolojinin faydaları hipotetik bir çalışma ile de gösterilmiştir.

ABSTRACT: One very important aspect of mining is deciding what material in a deposit is worth mining and processing, versus what material should be considered waste. This decision is summarized by the cutoff grade policy. The cutoff grade strategy for an open pit mine influences the annual cash flows and impacts the net present value of a project. The optimization of cutoff grade strategy requires the knowledge of detailed operational costs, mining sequence, mining operation, processing, and product constraints, as well as the grade distribution of a given deposit defined by pit, phase, and different material types. Cutoff grade optimization algorithms have been developed in the past. The most common criteria used in cutoff grade optimization is to maximize the Net Present Value (NPV). This paper describes the determination of a cutoff grade strategy based on K. Lane's algorithm adding an optimization factor based on the generalized reduced gradient (GRG) algorithm to maximize the project's NPV. The introduced algorithm is a windows based program developed at Virginia Tech which is based on a series of visual-basic routines within a spreadsheet environment (Excel). The benefits of the methodology are demonstrated using a hypothetical case study.

1 GİRİŞ

Cutoff tenörü bir cevher kütlesi içinde cevher ve atık (waste) kısmı ayırmak için kullanılan tenör olarak tanımlanır. Cutoff tenörü tanımlaması oldukça açık ve kesin olmasına rağmen, bir yatağın değerlendirilmesinde kullanılacak olan cutoff tenörü politikasının seçimi için aynı kesinlik söz konusu değildir. Üretim sırasında, basit olarak hesaplanmış breakeven cutoff tenörlerinin kullanılması, yatağın değerlendirilmesinde çoğunlukla optimum olmayan sonuçlara yol açacaktır. Net Bugünkü Değeri maksimize eden böyle bir yöntem ile yatağın değerlendirilmesi madenin ömrünün sonunda maden firmasının amaçlarını tatmin eden bir sonuç verecektir (Taylor, 1972). Bir üretim ile sağlanan net

bugünkü değer, birbiri ile ilişkili çok sayıda değişkene bağlıdır. Bu değişkenlere, üretim ve cevher hazırlama (milling) kapasiteleri, kazı sırası (sequence of extraction) ve cutoff tenörleri örnek olarak verilebilir. Bu birbirine bağlı değişkenler, bir projenin Net Bugünkü Değerinin tanımlanmasında kompleks bir şekilde birbirini etkilemektedir. Kazı sırası; üretim oranlarına, yatağın tenör dağılımı ve cutoff tenörlerine bağlıdır. Cutoff tenörleri, kazı sırası ve üretim sisteminin kapasiteleri bilinmeksizin belirlenemeyebilir. Kapasitelerin belirlenmesi, doğrudan cutoff tenörleri ve kazı sırası ile ilişkilidir. Maden planlaması, projenin yaşamı süresince bu değişkenlerin değerlerinin tanımlanması prosesidir. Maden planlamasının en büyük zorluğu, planlanmış kazı sırası, cutoff tenörleri ve yatağın tenör dağılımı

ile mükemmel bir uyum içinde olan üretim sisteminin kapasitelerinin tanımlanmasıdır. Verilen bir kapasite değerler kümesi, üretim sisteminin bu kapasiteleri ile ilişkili ekonomik maliyetler, ocağın kazı sırası ve fiyatlar için projenin net bugünkü değerini maksimize eden tek bir cutoff tenör politikası vardır (Dağdelen, 1992, Lane, 1964, 1988; Dağdelen ve Mohammad, 1997).

Bu çalışmada, günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan K. Lane algoritmasına dayalı yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Non-Linear Programlama problemlerinin çözümünde kullanılan matematiksel bir yöntem olan generalized reduced gradient (GRG) algoritması kullanılarak K. Lane algoritmasına bir optimizasyon faktörü ilave edilmiştir. Yapılan hipotetik çalışma sonucunda ise söz konusu projenin NPV değerinde klasik K. Lane algoritmasına göre % 5 artış olduğu görülmüştür.

2 KULLANILAN YÖNTEMLER

Genellikle optimum cutoff tenörü için yapılan kabul bir projenin ömrü boyunca azalan cutoff tenörlerinin kullanılması ile daha yüksek NPV değerinin elde edildiği şeklindedir. Lane (1964, 1988) cutoff tenörü hesaplaması için kapsamlı bir teori geliştirmiştir. Tablo 1'de de algoritmada kullanılan notasyonlar verilmiştir. Lane'in algoritmasında, cutoff tenörü kararını bugünden alabilmek için henüz elde edilmemiş gelecek nakit akışlarla ilişkili sabit maliyetleri de ilave ettiği görülür. Eğer kısıtlama faktörü olarak konsantratrör dikkate alınırsa, cutoff tenörü aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

Tablo 1. K. Lane algoritmasında kullanılan notasyonlar

Notasyon	Açıklama	Birim
i	Yıl	--
N	Maden ömrü	Yıl
P	Metal fiyatı	\$/oz
s	Satış (pazarlama)maliyeti	\$/oz
m	İşletme maliyeti	\$/ton
c	Proses maliyeti	\$/ton cevher
f_a	Sabit maliyetler	\$/yıl
f	Sabit maliyet	\$/ton
y	Kazanım yüzdesi	%
d	Faiz oranı	%
CC	Kapital maliyetler	\$
M	İşletme kapasitesi	Ton/yıl
C	Cevher hazırlama kapasitesi	Ton/yıl
R	Rafineri kapasitesi	Ton/yıl
Q_m	Üretilen malzeme	Ton/yıl
Q_c	İşlenen malzeme	Ton/yıl
Q_r	Rafine edilen konsantr	Ton/yıl

$$g_m(i) = \frac{c + f + F_i}{(P - s)xy} \quad (1)$$

Burada $g_m(i)$: milling (cevher hazırlama) cutoff tenörü, f : sabit maliyet, F_i : yıllık öğütülen bir ton malzemenin fırsat maliyeti P: kazanç (\$), s: satış fiyatı (\$/birim üretim), y: kazanım yüzdesi (%) şeklinde tanımlanır.

$$\text{Burada fırsat maliyeti } F_i = \frac{dxNPV_i}{C} \text{ şeklinde}$$

hesaplanır. f ise $f = \frac{f_a}{C}$ (f_a yıllık sabit maliyetler) ile hesaplanır. d faiz oranı, NPV_i ise madenin ömrü (N) boyunca i. yıldaki nakit akışlarının net bugünkü değeri, C ise i. yıldaki toplam tesis (öğütme) kapasitesidir.

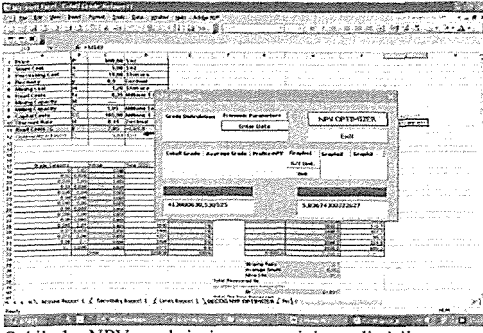
Bu eşitlikte F_i fırsat maliyetinin dahil edilmesinin altındaki mantık; her maden yatağı verilen bir zaman noktası ile ilişkili net bugünkü değere sahiptir ve söz konusu bu zaman süresince işlenen her malzemenin beher tonu henüz alınmamış nakit akışların maliyetini ödemek zorunda olmasındır.

Bu yöntemin maden ömrü üzerinde de önemli bir etkisi olup, maden ömrü kısalmaktadır.

Eşitlik 1 de verilen cutoff tenörleri, operasyondan sağlanan i. yıldan maden madenin ömrü sonuna kadar geçen süredeki gelecek faydaların (profits-her dönem oluşacak) net bugünkü değerine bağlıdır ve bu gelecek faydaların net bugünkü değeri, optimum cutoff tenörlerine karar verene kadar hesaplanamaz. Karşılıklı olarak birbirine bağlı değişkenlerden oluşan bu tür bir problemin çözümü iterasyon gerektirir. Bunun için başlangıçta önerilen NPV değeri, çözüm stabil optimum bir çözüm verene kadar iterasyon geliştirilir. Bu çalışmada, geliştirilen algoritmayı (eşitlik 1) uygulamak için excell tabanlı ve visual basic arayüzüne sahip bir paket program geliştirilmiştir (Şekil 1). Söz konusu bu paket programa entegre edilen nihai cutoff tenörü eşitliğine, maden projesinin NPV değerini daha fazla maksimize edecek "optimizasyon faktörü" ve "işletme maliyetleri" de dahil edilmiştir (Başçetin A ve Nieto A, 2006):

$$g_u(i) = \frac{c + m + f + F_i + \sigma}{(P - s)xy}$$

Burada σ optimizasyon faktörünü, m ise birim ton işletme maliyetini ifade etmektedir. Program projenin NPV değerinin maksimizasyonu için generalized reduced gradient (GRG) algoritmasına dayalı bir non-linear problem çözücü olan modeli kullanarak optimizasyon faktörü ile problemi çözmektedir.



Şekil 1. NPV maksimizasyonu için geliştirilen excel tabanlı program

3 YENİ CUTOFF TENÖRÜ OPTİMİZASYON YÖNTEMİNİN ALGORİTMA PROSEDÜRÜ

K. Lane algoritmasının modifiye edilmesi ile elde edilen bu yeni algoritmadaki işlem adımları Şekil 2'de bir akış diyagramı olarak verilmiştir. Burada üçüncü adımdaki, yatağın tenör-tonaj eğrisinden elde edilen cevher tonajı (T_o) ve atık tonajı (T_w) aşağıdaki gibi hesaplanır:

- cevher tonajı (T_o) ve cutoff tenörü $g_n(i)$ üzerindeki tenör g_c
- cutoff tenörü $g_n(i)$ altındaki atık tonajı (T_w)
- kazı oranı (stripping ratio SR) hesaplanması, $SR = (T_w)/(T_o)$

Eğer T_o , mil kapasitesinden büyükse $Q_{ci} = C$, aksi halde $Q_{ci} = T_o$ tesis edilir. Üretim miktarı Q_{mi} tesis edilir ($Q_{mi} = Q_c \times (1+SR)$) ve $Q_{ji} = Q_c \times g_{avg} \times y$.

Programın son aşaması ise bir önceki iterasyonla 8. adımda hesaplanan NPV değerlerinin karşılaştırılmasını içermektedir. Eğer hesaplanan NPV değeri istenen bir noktaya yönelmiyorsa optimizasyon faktörü değiştirilerek tekrar adım 2'ye gidilir; aksi halde program durur. Böylece, i . yıldan madenin ömrü (N) boyunca hesaplanan cutoff tenörü; operasyonun gelecek yıllarda olacak kazançlarının net bugünkü değerini maksimize eden cutoff tenördür.

Geliştirilen bu algoritma önce optimizasyon faktörü kullanılarak daha sonra optimizasyon faktörü kullanılmadan test edilmiştir. Sonuçlar bir sonraki bölümde verilmiştir.

4 ALGORİTMANIN UYGULANMASI VE SONUÇLAR

Bu uygulama için hipotetik bir açık ocak altın madeni düşünülmüştür (Dağdelen, 1992). Tenör-tonaj dağılımı ve maden dizayn parametreleri sırası

ile Tablo 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. Tablo 2' de verilen değerler; 2857 ton/gün mil kapasitesi ile madeni işletmek için tahmin edilen kapasiteleri ve kabul edilen maliyetleri vermektedir. İşletme yılda 350 gün ve haftada 7 gün çalışma şeklinde planlanmıştır.

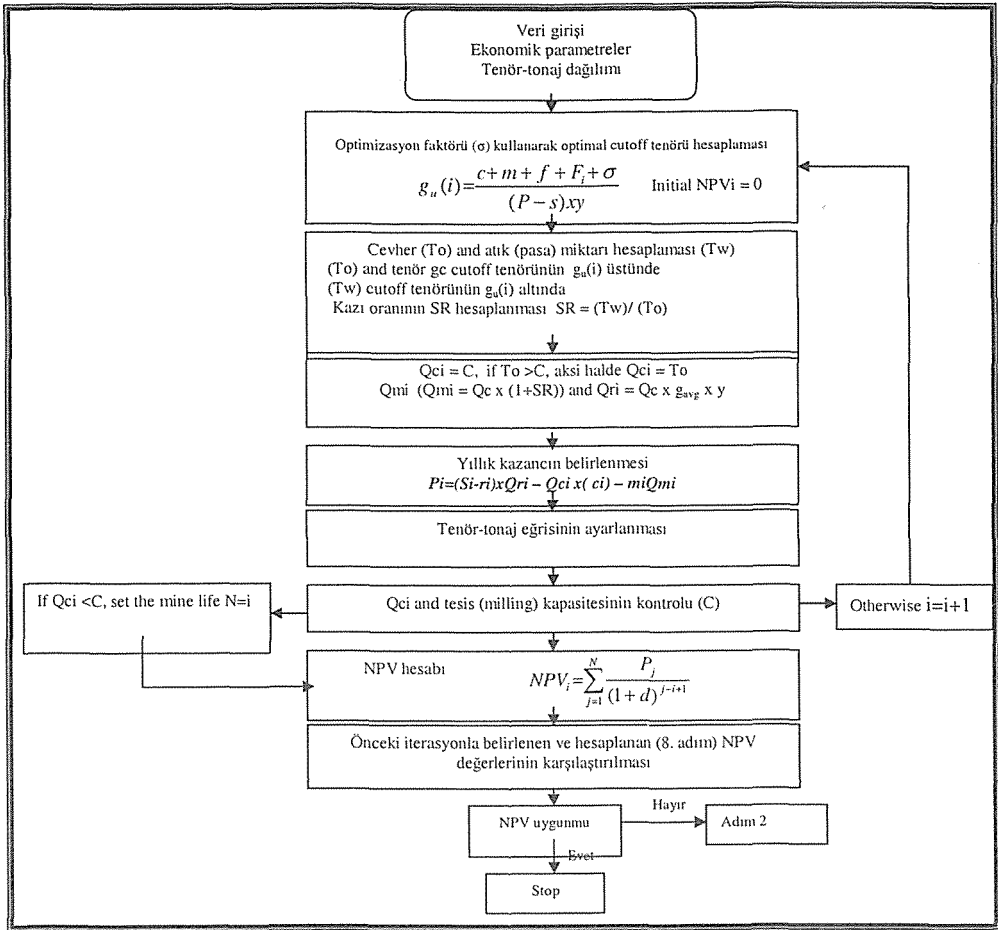
Tablo 2. Maden Dizayn Parametreleri

Parameters	Values
Fiyat	500 \$/oz
Satış Maliyeti	4 \$/oz
Cevher Hazırlama Maliyeti	17 \$/ton
İşletme Maliyeti	1,3 \$/ton
Kapital Maliyetler	\$ 154 M
Sabit Maliyetler (f_c)	\$ 9,2 M/yıl
Sabit Maliyet (f)	9,2 \$/ton
İşletme Kapasitesi	--
Mil Kapasitesi	1,00 M
Faiz oranı	14 %
Kazanım yüzdesi	95 %

Tablo 3 optimizasyon faktörü kullanılmadan Lane algoritması temeline dayanan optimum cutoff tenörü politikasını sunmaktadır. Tablo 3' de görüldüğü gibi bu yaklaşım toplam \$354.6 milyon dolar NPV ve \$676.5 milyon dolar undiscounted fayda vermektedir

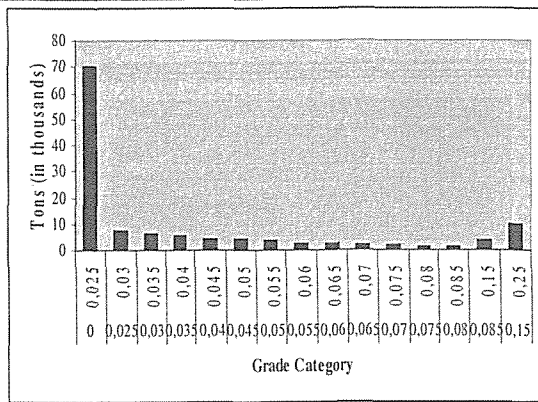
Diğer taraftan Tablo 4 optimizasyon faktörü ($\sigma=5,84$) kullanılarak optimum cutoff tenörü yaklaşımını sunmaktadır. Bu yaklaşım ile toplam \$372.5 milyon dolar NPV ve \$638.9 milyon dolar undiscounted fayda elde edilmiştir. Tablo 3 ve 4' deki sonuçlara göre, optimizasyon faktörü kullanılarak belirlenen cutoff tenörü politikası, optimizasyon faktörü kullanılmadan tahmin edilen cutoff tenörü politikasından daha yüksek NPV değeri vermektedir.

Bu sonuçlar grafiksel olarak Şekil 4'de görülmektedir. Burada geliştirilen yaklaşımda optimizasyon faktörü $\sigma = 5,84$ ile hesaplanan maksimum NPV değerinin duyarlılık analizi optimizasyon faktörü 0.0 ile 12 arasında 1'er birim artırılarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 2. Cutoff tenörü optimizasyonu için geliştirilen yeni algoritmanın akış diyagramı,

Tenör	Kategorisi	Ton (000)
0	0.025	70,000
0.025	0.030	7,257
0.030	0.035	6,319
0.035	0.040	5,591
0.040	0.045	4,598
0.045	0.050	4,277
0.050	0.055	3,465
0.055	0.060	2,428
0.060	0.065	2,307
0.065	0.070	1,747
0.070	0.075	1,640
0.075	0.080	1,485
0.080	0.085	1,227
0.085	0.150	3,598
0.150	0.250	9,576



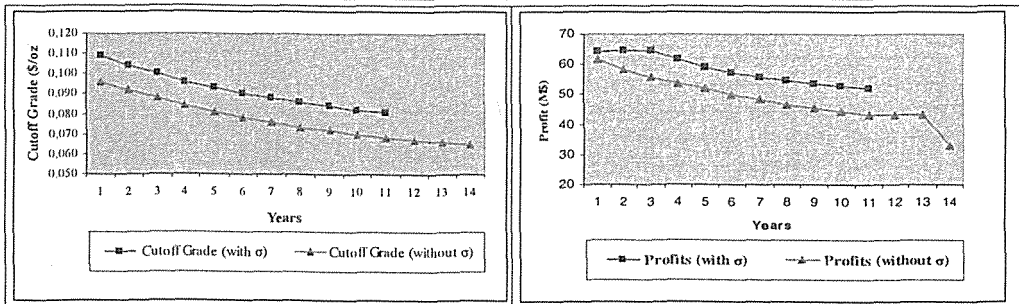
Şekil 3. Yatağın tenör tonaj dağılımı

Tablo 3. Altın yatağının optimum cutoff tenörü politikası (σ olmaksızın)

Yıl	Optimum Cutoff tenörü (oz/ton)	Üretilen Miktar (Quantity Mined)	Konsantrite Miktarı (Quantity Concentrated)	Rafine Miktarı (Quantity Refined)	Fayda (Profit) (\$M)	NPV (\$M)
1	0.096	12.274.288	1.000.000	209158	61.585.935	354.674.647
2	0.092	11.336.481	1.000.000	199710	58.118.871	293.088.712
3	0.088	10.624.419	1.000.000	192537	55.486.385	242.107.246
4	0.084	10.069.606	1.000.000	186947	53.435.245	199.412.274
5	0.081	9.628.546	1.000.000	182504	51.804.650	163.345.006
6	0.078	9.182.735	1.000.000	177583	49.943.365	132.672.494
7	0.076	8.797.020	1.000.000	173216	48.278.930	106.733.475
8	0.073	8.437.322	1.000.000	168992	46.651.502	84.738.244
9	0.072	8.132.220	1.000.000	165372	45.252.454	66.094.563
10	0.070	7.880.241	1.000.000	162369	44.090.812	50.230.905
11	0.068	7.652.378	1.000.000	159528	42.977.995	36.672.630
12	0.067	7.652.378	1.000.000	159528	42.977.995	25.079.582
13	0.066	7.652.378	1.000.000	159528	42.977.995	14.910.242
14	0.065	7.652.378	809551	129146	32.898.270	5.989.768
Total		126.972.390	13.809.551	2.426.118	676.480.404	354.674.647

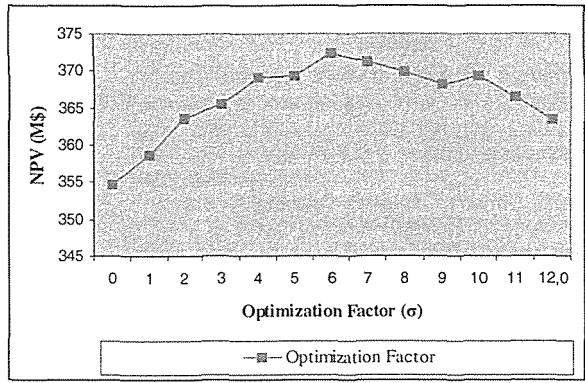
Tablo 4. Altın madenin optimum cutoff tenörü politikası (σ ile)

Yıl	Optimum Cutoff tenörü (oz/ton)	Üretilen Miktar (Quantity Mined)	Konsantrite Miktarı (Quantity Concentrated)	Rafine Miktarı (Quantity Refined)	Fayda (Profit) (\$M)	NPV (\$M)
1	0.109	13.568.726	1.000.000	217550	64.065.456	372.564.260
2	0.104	13.317.461	1.000.000	217550	64.392.101	308.498.804
3	0.100	13.094.386	1.000.000	217420	64.617.832	252.014.505
4	0.096	12.261.729	1.000.000	209032	61.539.507	202.293.181
5	0.093	11.613.909	1.000.000	202505	59.144.521	160.755.767
6	0.090	11.099.508	1.000.000	197323	57.242.785	125.737.463
7	0.088	10.684.393	1.000.000	193141	55.708.109	96.007.354
8	0.086	10.345.010	1.000.000	189722	54.453.412	70.627.489
9	0.084	10.064.576	1.000.000	186896	53.416.648	48.865.873
10	0.082	9.830.808	1.000.000	184541	52.552.410	30.140.183
11	0.081	9.634.511	999.998	182563	51.826.583	13.979.900
Total		125.515.017	10.999.998	2.198.243	638.959.363	372.564.260



Şekil 4. Optimizasyon faktörü kullanılarak ve kullanılmadan elde edilen Cutoff tenörü ve Fayda değerlerinin yıllara göre kıyaslanması

Optimization Factor	NPV (N\$)
0	354674647
1	358613419
2	363598410
3	365438288
4	369198123
5	369368166
6	372391344
7	371241817
8	369871582
9	368165991
10	369291282
11	366423970
12	363365664



Şekil 5. Farklı optimizasyon faktörü değerlerine göre toplam NPV duyarlılık analizi

5 SONUÇLAR

Bu hipotetik çalışmadan alınan sonuçlara göre optimizasyon faktörünün amaç fonksiyonu (NPV) üzerindeki etkisi %5 lik bir değer artışı ile (\$17,889,613.00) açıkça görülmektedir. Bu nedenle, burada sunulan cutoff tenörü optimizasyon algoritması cutoff tenörü politikasını geliştiren ve maliyet tahmini ve risk analizi için simülasyon kullanımı gibi nihai algoritmanın kullanımı için pratik bir araçtır. Ayrıca bu yaklaşım maden planlama aşamasında çeşitli ekonomik ve tenör/tonaj alternatiflerinin değerlendirilmesi için büyük bir esneklik sağlar. Ayrıca bu çalışma kapsamında farklı cutoff tenörü senaryolarının interaktif olarak hesaplanabilmesi için excell tabanlı ve visual basic arayüzüne sahip bir paket programda geliştirilmiştir. Kullanıcı dostu bu programın diğer potansiyel bir faydası ise çoklu kaynaklara/tenörlere sahip yatakları ele alabilmesi ve kazı oranlarına dayalı maliyet tahmini içermesidir.

TEŞEKKÜR

Dr. Ataç BAŞÇETİN'in bu çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Başçetin A ve Nieto A., 2006, Mining cutoff grade strategy to optimise NPV based on multiyear GRG iterative factor, AusIMM-Mining Technology, Vol.115, No 2, p 1-6.
- Dağdelen, K., 1992, Cutoff grade optimization, 23rd APCOM Symposium, pp. 157-165, SME, Littleton, Colorado, USA.
- Dağdelen, K., 1993, An NPV optimization algorithm for open pit mine design, pp. 257-263, 24th APCOM Symposium, Montreal, Quebec, Canada.
- Dağdelen, K. ve Mohammad, W. A., 1997, Multi-mineral cutoff grade optimization with option to stockpile, SME annual meeting, Denver, Colorado, USA.
- Lane, K. F., 1964, Choosing the optimum cutoff grade, Colorado School of Mines Quarterly, Vol. 59, pp. 485-492.
- Lane, K.F., 1988, The economic definition of ore, cutoff grade in theory and practice, London: Mining Journal Books Limited.
- Taylor, H. K., 1972, General background theory of cutoff grades, Institution of Mining and Metallurgy Transactions, A160-179

Araklı Yıldızlı Kireçtaşının Agregada Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi

F. Cihangir, B. Erçıkdi & A. Kesimal

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Araklı ilçesi Yıldızlı Köyü sınırları içerisinde yer alan kireçtaşının agregada olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla çalışmada öncelikle kireçtaşının kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise farklı boyutlardaki malzemenin granulometri eğrisi çizilmiş, standart agregada deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 0.48 su/çimento oranına göre 7 ve 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

ABSTRACT: In this study, the potential use of limestone located in Araklı, Yıldızlı as an aggregate was evaluated. For this purpose, the chemical, physical and mechanical properties of limestone were determined. At second stage, the graph of granulometry was drawn for materials having different dimension and standard aggregates tests were done. Additionally, compressive strength of 7 and 28 curing days were investigated for samples of 0.48 water-to-cement ratios.

1 GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde hızla artan nüfus ve teknolojik gelişmeler yapılaşmaya artan bir ivme kazandırmıştır. Özellikle önceden tek katlı olarak yapılan binaların yerlerini çok katlı binalara bırakmasının yanında ülkemizde son yıllarda otoyol, baraj, tünel vb. büyük sanat yapılarının inşasıyla birlikte agregada üretimi büyük önem kazanmaya başlamıştır. Dolayısıyla rezerv olarak yeni agregada kaynaklarının bulunması ve mevcut rezervlerin geliştirilerek ülke ekonomisine kazandırılması büyük önem arz etmektedir (Yaşar ve Erdoğan, 2003). Yapılarda kullanılan en önemli yapı maddeleri agregada ve çimentodur. Özellikle agregada beton hacminin yaklaşık %60-80'ini teşkil etmekte ve betonun performansında ve kalitesinde çok önemli rol oynamaktadır (Taşdemir vd., 2003; Zarif vd., 2003). Şu ana kadar volkanik kayaların, tüflerin, andezit, bazalt ve kireçtaşlarının agregada ve doğaltaş endüstrisinde kullanılması birçok araştırmacı tarafından araştırılmış ve olumlu sonuçlar alınarak ülke ekonomisine sunulmuştur (Koçal, 1999).

Agregadalar genel olarak hazır beton, asfalt, dolgu, ballast, dış sıva, yol yapımı ve diğer yapıtaşlarının üretimi gibi işler olmak üzere çok geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Ülke genelinde önceden yapı malzemesi olarak kullanılan dere ve ırmak kumlarının ihtiyaca cevap vermede yetersiz kalması

ve bazı durumlarda alkali silis reaktivitesi gibi dezavantajlarının ortaya çıkması kırmataşın önemini bir kat daha artırmıştır (Keskin & Kılıç 2003; Torgal ve Gomez, 2006; Oraimi vd., 2006).

Beton bileşiminin yaklaşık %75'ini agregadalar oluşturmaktadır. Bu nedenle agregada özellikleri, beton yapımında önemli rol oynamaktadır. Agreganın türü, mineralojik bileşimi, dokusu gibi önemli jeolojik faktörler; betonun dayanımında aşınmasında, kimyasal etkilere karşı davranışında ve hacimsel deformasyonunda etkin rol oynar. Ayrıca, agreganın şekli ve yüzey pürüzlülüğü betonda agregada ile çimento arasındaki bağın kuvvetini belirler.

Boşluklu ve heterojen bir iç yapıya sahip olan beton, çimento hamuru, agregada ve agregada-çimento hamuru temas yüzeyinden oluşan üç farklı kompozit kabul edilebilir.

Doğu Karadeniz Bölgesi kum, çakıl ve kırmataş rezervleri bakımından oldukça zengin jeolojik birimler içermektedir. Ancak yukarıda da belirtildiği üzere topografyadan kaynaklanan nedenlerle birlikte artan nüfus ve çarpık kentleşme sonucu çoğu kaynak ya işletilememekte ya da işletilemez hale gelmektedir.

Trabzon'un Araklı ilçesi Yıldızlı Köyü sınırları içerisinde yer alan bordo renkli kireçtaşının agregada olma niteliğinin belirlenmesinin hedeflendiği bu araştırmada; bu kireçtaşının fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin yanı sıra, standart agregada

deneyleri ile agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Öncelikle bir miktar numune öğütülerek kimyasal analiz ICP metoduyla yapılmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için bloklardan karot örnekleri alınmıştır. Ayrıca bloklar, standart agrega deneylerinin yapılabilmesi için laboratuarda çeneli kırıcı ile kırılmış ve "0-5 mm", "5-7 mm", "7-12.5 mm" ve "12.5-25 mm" dane boyutlu dört grup agrega üzerinde deneyler yapılmıştır.

Kireçtaşının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, porozite, nokta yükü ve Schmidt sertlik indeksi, tek eksenli basma dayanımı ve Mohs sertliği belirlenmiştir. Fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenen kireçtaşlarının agrega olma özelliklerini saptamak amacıyla bunlardan elde edilen kırmataşlar üzerinde standart agrega deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, özgül ağırlık (kuru), özgül ağırlık (doğun-yüzey kuru), görünür özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, gevşek ve sıkı birim ağırlık, zararlı madde oranı (yıkılmış ve yıkılmamış malzeme için), Los Angeles aşınma oranı ve yassılık indeksidir. Deneylerden elde edilen sonuçlar birbiriyle ve standartlarda verilen limit değerleriyle karşılaştırılarak farklı alanlarda kullanımları açısından değerlendirilmeler yapılmıştır.

Betonda karşılaşılan problemler; donma, büzülme, betondaki donatının korozyonuna neden olan klorür penetrasyonu, sülfatların etkisi ve alkali-agrega reaksiyonudur. Bu olaylar zaman içerisinde betonun soyulmasına, çatlamasına ve kullanılmaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kireçtaşı için ayrıca Na_2SO_4 ile dona dayanıklılık deneyi yapılmıştır.

Ayrıca, dört farklı boyuttaki agrega malzemesinin karışımından $330-350 \text{ kg/m}^3$ çimento içeren ve 0.48 su/çimento oranında betonlar üretilerek 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir.

2 ÇALIŞMA SAHASI VE ÖZELLİKLERİ

2.1 Coğrafya ve Jeoloji

Numunelerin alındığı ve çalışmaların gerçekleştirildiği bordo renkli kireçtaşı Trabzon ili, Arakı İlçesi, Yıldızlı köyü sınırları içerisinde yer almaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi, Pontid Tektonik birliğini oluşturan Doğu Pontid tektonik oluşumunun içinde yer almaktadır. Çeşitli araştırmacılar tarafından bir yitim zonu olarak tanımlanan oluşumdur. Yapılan çalışmalarda bölgedeki magmatik kayaların, Neotetis okyanusuna ait okyanus kabuğunun pontid kabuğu altına dolmasıyla oluştuğu söylenmiştir. Yapılan araştırmalarda bölgedeki volkanik faaliyetin ada yaylarında oluşan yay volkanizması özellikleri taşıdığı belirtilmiştir (Cihangir vd., 2006).

Doğu Karadeniz bölgesinin karakteristik özelliklerinden olup, üst kretase volkanik kayaların içinde yer alan tortul bir kayadır. Masif sülfid yatakların üstünde yer alır. Oluşumları en az 70 milyon yıldan fazladır. Silisifiye kuvars bantları içerebilir.

3 MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

3.1 Kireçtaşının Kimyasal Özellikleri

Bordo renkli kireçtaşının kimyasal özellikleri ICP metodu ile belirlenmiştir. Bu analizler, ocağın dört farklı bölgesinden alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi; kireçtaşının CaO içeriği %33.48-49.43 arasında olup ortalama %42.66'dır. Kimyasal açıdan CaO içeriğinin yüksek olması bu kireçtaşının kullanılabilirliğini güçlendirmektedir. MgO içeriği ortalama %0.62'dir. Kireçtaşı örneği ayrıca ortalama, %16.66 SiO_2 , %2.43 Al_2O_3 ve %1.94 Fe_2O_3 içermektedir.

Tablo 1. Bordo renkli kireçtaşının kimyasal analiz sonuçları

Numune Alınan Yer	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Toplam (%)
Ocak Üst Kısmı	7.44	0.66	1.20	49.43	0.77	39.20	98.70
Üst Orta Kısmı	12.89	1.63	1.32	45.98	0.64	36.41	98.87
Üst Kademe Giriş	20.34	1.04	1.68	41.76	0.14	33.57	98.53
Alt Kısmı	25.98	6.38	3.55	33.48	0.86	28.94	99.19
Ortalama	16.66	2.43	1.94	42.66	0.62	34.53	

3.2 Kireçtaşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Kireçtaşının bazı fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneyler ISRM (1981) esas alınarak yapılmıştır. Deneyler her bir numune için en az üç kez tekrarlanmış ve elde edilen sonuçların

ortalama değerleri alınmıştır. Yapılan fiziksel deneylerin sonucunda kireçtaşının su muhtevası % 0.28, porozitesi % 4.97, boşluk oranı % 5.2, doymuluk derecesi % 14.36 ve doluluk oranı % 95.3 olarak belirlenmiştir.

Su ihtivası, beton agregası olarak kullanılacak olan kayaların durabilitesini belirlemede önemli bir parametredir. Yapılan araştırmalarda; su ihtivası değerinin % 3'den büyük olduğu durumlarda donma-çözünme etkisinin önemli olduğu vurgulanmıştır (Shakoor vd., 1982). Porozitesi yüksek olan agregalar hacim deformasyonu nedeniyle parçalanmaya veya beton yüzeyinde kabuklanarak dökülmeye neden olurlar. Porozite ayrıca agregaların kırılma dayanımlarını etkilemektedir (Bell, 1998).

Tek eksenli basma dayanımı; dokusal ve mineralojik özellikler ile porozite, birim ağırlık vb. fiziksel özellikler ile ilişkili olduğundan mekanik özelliklerden Nokta yük indeksi, Tek eksenli basınç dayanımı, Schmidt sertlik indeksi ve Mohs kayaç sertliği deneyleri yapılmıştır.

Laboratuvarda blok numunelerden alınan düzensiz şekilli numuneler üzerinde ISRM standartlarına uygun olarak yapılan nokta yükü indeksi ortalama 3.3 MPa olarak bulunmuş ve Bieniawski'nin yapmış olduğu sınıflamaya göre bordo renkli kireçtaşı *orta dayanım* (Bieniawski, 1975) sınıfına girmiştir.

ISRM (1981)'e göre laboratuarda silindirik örnekler kullanılmak suretiyle gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonucunda kireçtaşının dayanımı 72.5 MPa olarak elde edilmiştir. Dearman (1981)'e göre, beton agregalarının tek eksenli basma dayanımlarının 35 MPa'dan büyük olması gerekmektedir. Buna göre, kireçtaşı dayanım açısından beton üretimi için uygundur.

Çalışma sahasından alınan blok örnekler üzerinde Schmidt çekiçi ile sertlik ölçümü yapılmıştır. ISRM standartlarına uygun olarak 7 farklı blok üzerinde her blok için 5 farklı noktada çekiç konumu düzeyde olmak üzere 20 okuma yapılmıştır.

ve elde edilen geri tepme sonuçlarının ortalamaları alınmış ve ortalama Schmidt sertlik değeri 56.76 olarak bulunmuştur. Buna göre yapılan sertlik sınıflamasında bordo renkli kireçtaşının *çok sert kaya* sınıfında (Schmidt, 1951) yer aldığı görülmüştür. Mohs sertlik skalasına göre yapılan deney de sertliğinin yaklaşık 4 olduğu ve silis içeriğindeki artışla birlikte 5'e yaklaştığı görülmüştür.

3.3 Agregada Deneyleri

Araziden alınan blok numuneler çeneli kırıcılardan geçirilerek değişik boyutlarda (0-5 mm, 5-7 mm, 7-12.5 mm, 12.5-25 mm) kırılmış agregada malzemesi elde edilmiştir. Agregada deneyleri Türk Standartları esas alınarak farklı boyuttaki agregada malzemeleri için yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler (Tablo 2) standartlarda verilen limitlere göre değerlendirilmiş ve kireçtaşlarının farklı amaçlar için kullanılabilirliği tartışılmıştır.

Tablo 2'de görüldüğü gibi kuru haldeki kireçtaşı agregalarının özgül ağırlığı ortalama 2.435 gr/cm³, doymun-yüzey kuru haldeki agregaların ortalama özgül ağırlığı 2.552 gr/cm³, ortalama görünür özgül ağırlık değeri 2.72 gr/cm³, su emme değeri ortalama % 2.89, ortalama sıkı ve gevşek birim ağırlıkları ise sırasıyla 1.53 ve 1.32 gr/cm³ olarak elde edilmiştir.

BS 812:P.2 (1975)'e göre beton agregaları için kuru özgül ağırlık değeri minimum 2.6 gr/cm³ olmalıdır. Tablo 2 incelendiğinde bu değer in sınır değerde olduğu görülmektedir. ASTM C-127-88 (1989) ve ASTM C-128-88 (1989)'a göre ise, görünür özgül ağırlık değerinin minimum 2.6 gr/cm³ olması gerekmektedir. Ayrıca BS 812 (1975)'e göre normal agregaların birim ağırlık değerleri 1.2-1.8 gr/cm³ arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Deneylerden elde edilen veriler incelendiğinde sonuçların standartlara uyduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kireçtaşı agregasının özgül ağırlık, su emme ve birim ağırlık değerleri

Özellik	0-5 (mm) (%45)	5-7 (mm) (%5)	7-12.5 (mm) (%18)	12.5-25 (mm) (%32)	Ortalama**	Standart TS EN 1097-6	Sonuç
Kuru Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.38	2.44	2.52	2.52	2.51	-	-
Doy. Kuru Yüzey Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.60	2.60	2.63	2.59	2.61	> 2.55	Uygun
Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.71	2.72	2.73	2.73	2.70	-	-
Ağırlıkça Su Emme (%)	3.40	3.20	2.70	2.24	2.89	< 3	Uygun
Sıkışık Birim Ağırlık (gr/cm ³)	1.582	1.513	1.484	1.493	1.53	-	-
Gevşek Birim Ağırlık (gr/cm ³)	1.354	1.302	1.298	1.294	1.32	-	-

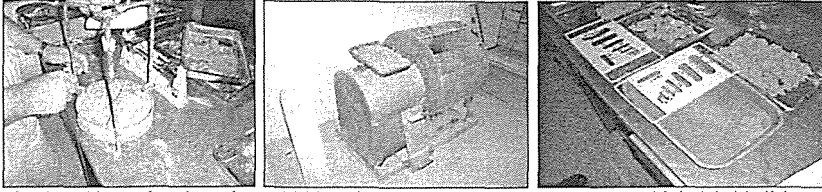
** : Ortalama değerler beton karışımında yer alacak olan malzeme oranlarına göre hesaplanmıştır.

Ayrıca Tablo 2'de belirtilen deneylerin haricinde değişik boyuttaki agregada malzemesi için yıkanmış ve yıkanmamış malzeme için zararlı madde oranı, Na₂SO₄'e dayanıklılık, Los Angeles aşınma deneyi

ve yassılık indeksi deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 3'de, deneylerin yapımı esnasında kullanılan ekipmanlar ise Şekil 2'de verilmektedir.

Tablo 3. Kireçtaşı agregasının zararlı madde oranı, aşınma dayanımı ve yassılık değerleri

Özellik	Agrega	TS 706	Kullanılan Malzeme	Sonuç	
Zararlı Madde Oranı (%) (Yıkınamış malzeme)	İnce	% 5	0-5 (mm)	% 4.4	Uygun
	İri	% 1	5-7 (mm)	% 0.89	Uygun
	İri	% 1	7-12.5 (mm)	% 0.96	Uygun
	İri	% 1	12.5-25 (mm)	% 0.85	Uygun
Zararlı Madde Oranı (%) (Yıkınamış malzeme)	İnce	% 5	0-5 (mm)	% 0.45	Uygun
	İri	% 1	5-7 (mm)	% 0	Uygun
	İri	% 1	7-12.5 (mm)	% 0	Uygun
	İri	% 1	12.5-25 (mm)	% 0	Uygun
Aşınma Dayanımı Maksimum (%)	İri	Los Angeles 100 Devir % 10 500 Devir % 50	İri Malzeme Karışımı (B)	500 Devir % 24	Uygun
Yassılık İndeksi (%)		% 50	Ortalama	27.55	Uygun
Na ₂ SO ₄ 'e dayanıklılık (%)		% 18	Ortalama	14.07	Uygun



Şekil 2. Kullanılan ekipmanlar, dona dayanıklılık (sol), Los Angeles aşınma (orta), yassılık indeksi belirleme (sağ).

Tablo 3 incelendiğinde yıkınamış malzeme için zararlı madde oranı % 0.85-4.4 arasında yıkınamış malzeme için ise % 0-0.45 arasında değişmektedir. TS 706 standartlarına göre agrega içerisindeki zararlı madde oranı çok düşük seviyelerde olup standartlara uygundur.

Los Angeles aşınma makinesiyle yapılan aşınma dayanımı deneyi agregaların aşınma mukavemetini tespit yönünden oldukça faydalı bir deneydir. TS 1097-2'ye göre şartname limitleri <%30 olmalıdır. Yapılan aşınma deneyi neticesinde aşınma indeksi iri malzeme karışımı (B) için 11 bilye ile 500 devirde %24 olup standartlara uygundur.

Yassılık indeksi agreganın direncini kontrol eden önemli parametrelerdendir. Bu nedenle agreganın yassılık indeksi değeri de belirlenmiştir. Yassılık değeri agrega malzemesi için ortalama % 27.55 olup standartlarda belirtilen kriteri sağlamaktadır.

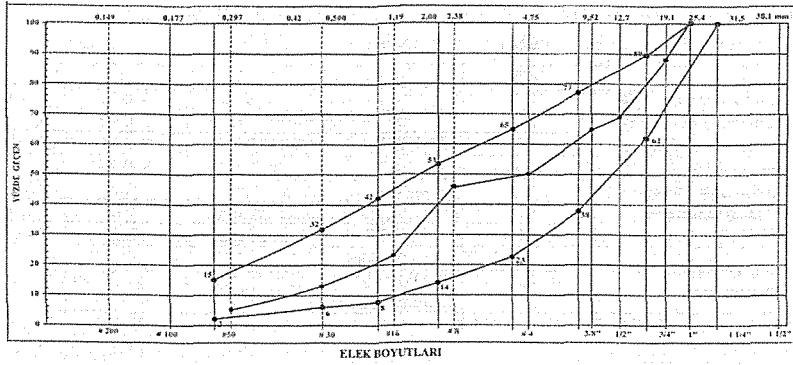
Daha önce kırılarak değişik boyutlarda hazırlanmış agrega örneklerinden standartlarda belirtildiği üzere numune alınmış ve yapılan deney sonucunda dona dayanım sonucu (Na₂SO₄ 'e dayanıklılık) esas granülometriye göre düzeltilerek %14.07 olarak hesaplanmıştır. Standartlarda belirtilen sınır değer ise (TS EN 1367-2) %18 dir. Dolayısıyla agrega malzemesinin dona karşı dayanıklılık değeri sınır değerinin altındadır.

3.3 Beton Karışımı ve Beton Deneyleri

DeneySEL çalışma amaçlı beton karışımı hesaplamaları için öncelikle agreganın değişik boyutlarına ilişkin granülometri eğrisi oluşturulmuş ve değişik boyutlardan ne kadar malzeme alınacağı belirlenmiştir (TS 802). Tablo 4'de elek analizi, Şekil 3'de de granülometri eğrisi verilmiştir

Tablo 4. Agreganın için elek analizi.

Elekler (mm)	25-12.5 mm		12.5-7 mm		7-5 mm		5-0 mm		Karışım %Geçen
	%Geçen	%32	%Geçen	%18	%Geçen	%5	%Geçen	%45	
25.4	100	32							100
19.1	63.3	20.3	100	18					88.3
12.5	3.7	1.2	99.3	17.9					69.1
9.5	0.8	0.3	83.4	15.0	100	5			65.3
4.75	0.2	0.06	1.0	0.2	84.8	4.2	100	45	49.5
2.36	0.1	0.03	0.1	0.02	20.4	1.0	99.6	44.8	45.9
1.18					0.5	0.03	51.7	23.3	23.3
0.6					0.4	0.02	29.7	13.2	13.2
0.3					0.3	0.02	11.9	5.4	5.4
0.15					0.2	0.01	2.9	1.3	1.3
0.07							0.4	0.18	0.2



Şekil 3. D_{max} 32'ye göre karışık agrega granülometri eğrisi.

Tablo 5. 330 kg/m³ dozaj çimento ve 0.48 su/çimento oranı için beton karışım hesabı

Malzeme	Hesaplar	Ağırlık	Özgül Ağırlık	Hacim (litre)	
Çimento	Su/(Su/çim)	330	3.1	106.5	
Su		158	1.0	158.0	
Hava	(%1.5)			15.0	
Agrega Hacmi = 1000 - (106.5+158.0+15.0) = 720.5					
İNCE	0-5	720.5	%45	2.60	842.958
	5-7	720.5	%5	2.60	93.665
KABA	7-12.5	720.5	%18	2.63	341.085
	12.5-25	720.5	%32	2.59	597.151
TOPLAM					2362.859

Tablo 6. 350 kg/m³ dozaj çimento ve 0.48 su/çimento oranı için beton karışım hesabı

Malzeme	Hesaplar	Ağırlık	Özgül Ağırlık	Hacim (litre)	
Çimento	Su/(Su/çim)	350	3.1	112.9	
Su		168	1.0	168.0	
Hava	(%1.5)			15.0	
Agrega Hacmi = 1000 - (112.9+168.0+15.0) = 704.1					
İNCE	0-5	704.1	%45	2.60	823.897
	5-7	704.1	%5	2.60	91.533
KABA	7-12.5	704.1	%18	2.63	333.321
	12.5-25	704.1	%32	2.59	583.559
TOPLAM					2350.31

0.48 su/çimento oranı ve farklı çimento miktarı (330 ve 350 kg/m³ dozajda) kullanılarak üretilen betonların hazırlanmasında yapılan karışım hesaplamaları Tablo 5 ve 6'da verilmiştir. Elde edilen karışımlar 15x15x15 cm³ lük beton kalıplarına dökülerek karışımların 7 günlük ve 28 günlük tek eksenli basma dayanımı testi gerçekleştirilmiştir (Tablo 7). Beton üretiminde bağlayıcı malzeme olarak PÇ 42.5 tipi çimento kullanılmıştır. Beton karışımında kullanılan agrega karışımı TS 706'da önerilen sınırlar arasında kalacak şekilde %45 0-5 mm kırmataş, %5 5-7 mm kırmataş, %18 7-12.5 mm kırmataş, %32 12.5-25 mm kırmataş olarak belirlenmiştir. Tablo 7 incelendiğinde, PÇ 42.5 kullanılarak 330 doz çimentoda hazırlanan kübik numuneler 7 günlük kür

süresi sonunda 18.24 MPa, 28 günlük kür süresi sonunda ise 28.53 MPa dayanım vermiştir. 350 doz çimentoda hazırlanan kübik numuneler ise 7 günlük kür süresi sonucunda 21.76 MPa, 28 günlük kür süresi sonunda ise 33.10 MPa dayanım vermiştir.

Tablo 7. Beton dayanım sonuçları

330 doz çimento için (MPa)		350 doz çimento için (MPa)	
7 gün	28 gün	7 gün	28 gün
18.24	28.53	21.76	33.10

TS EN 1097-2 Karayolları Teknik Şartnamesinde belirtilen boyutları 150 mm olan küp numunelerinin 28 günlük dayanım sonucuna göre beton sınıfları ve basınç dayanımları Tablo 8'de verilmektedir.

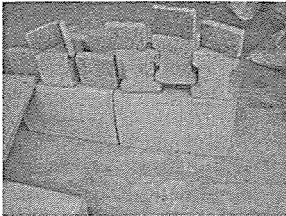
Tablo 8. Karayolları Teknik Şartnamesinde belirtilen beton sınıfları ve dayanımları (KTS, 2006)

Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı N/mm ² (MPa)	Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı N/mm ² (MPa)
C 10/12	12	C 40/50	50
C 12/15	15	C 45/55	55
C 14/18	18	C 50/60	60
C 16/20	20	C 55/67	67
C 18/22	22	C 60/75	75
C 20/25	25	C 70/85	85
C 25/30	30	C 80/95	95
C 30/37	37	C 90/105	105
C 35/40	45	C 100/115	115

Tablo 8'e göre 0.48 su/çimento oranı ve 330 doz çimento kullanılarak üretilen beton 28 günlük dayanım sonucuna göre C 20/25 beton sınıfına, 350 doz çimento kullanılarak üretilen beton ise 28 günlük dayanım sonucuna göre C 25/30 beton sınıfına girmektedir.

3.4 Kullanım Alanlarının Değerlendirilmesi

Hazırlanan betonların 28 günlük dayanımının C 20/25 ve C25/30 sınıfı betona girmesinden dolayı kullanılan agrega malzemesi beton yapımında kullanılması uygundur. Ayrıca malzemenin dış yüzey görünümünün pembemsi bir renge sahip olması, ocakta bloklamalar vermesi ve düzgün kesilebilmesi nedeniyle de parke taşı, yol bordürü, çim bordürü ve binalarda dış cephe kaplama malzemesi vb., olarak da kullanılabilir (Şekil 4).



Şekil 4. Deneylerde kullanılan kireçtaşından hazırlanan parke taşı ve bordür

4 SONUÇLAR

Kireçtaşları agrega üretimi için en önemli kaynaktır ve diğer kaya gruplarına göre, yoğun, dayanımlı ve düşük poroziteli olmaları nedeniyle agrega olarak tercih edilmektedir. Kırıldıklarında tane şekilleri ve boyları agrega üretimine uygundur. Ayrıca kireçtaşlarının işletilmeleri, sertlikleri ve dayanımları açısından daha ekonomiktir.

Kireçtaşlarının beton agregası olarak işletilebilirliğini; kimyasal özelliklerinin yanı sıra, fiziksel ve mekanik özellikleri çatlak durumu, ayrışması ve ocaktaki örtü kalınlığı kontrol etmektedir. Ayrıca agrega deneylerinin de belirtilen sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan Araklı-Yıldızlı kireçtaşının özelliklerinin standartlarda belirtilen kabul edilebilir limitler içinde bulunması nedeniyle başta beton olmak üzere tüm alanlarda (parke, bordür, dış cephe kaplama vb.) kullanılmaları uygundur.

KAYNAKLAR

- Bell, F.G., 1998, Eng. Geo., Blackwell Sci., Third Edt, 359 s.
- Bieniawski, Z. T., 1975, Point load test in geotechnical practise, Engineering Geology, 9:1-11..
- Cihangir, F., Ercikdi, B., Kesimal, A., 2006, An investigation of effecting landslide potential of ground vibrations caused by blasting at Korkuthan quarry located at Beşikdüzü, Trabzon. VIth International Scientific Conference, Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, Varna, Bulgaria, s.311-318.
- Keskin, M. Ö., Kılıç, A. M., 2003, Doğu Akdeniz Yöresi bazaltlarının kırılma olarak değerlendirilebilir olanakları, 3. Ulusal Kırılma Sempozyumu, s. 151-158., İstanbul.
- KTŞ (Karayolları Teknik Şartnamesi) 2006, Bay. ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2006, Ankara.
- Koçal, F., 1999, Trabzon Maçka başağ taşocağındaki kireçtaşının agrega olma açısından incelenmesi, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, Ankara, 1999.
- Oraimi S.K., Taha R., Hassan, H.F., 2006, The effect of the mineralogy of coarse aggregate on the mechanical properties of high-strength concrete, Construction and Building Materials, (20) 7, s. 499-503.
- Shakoor, A., West, T.R., Scholer, C.F., 1982, Physical characteristics of some Indiana argillaceous carbonates regarding their freeze-thaw resistance in concrete, Bull. of the Association of Engineering Geologists, (19) 4, s. 371-384.
- Schmidt, E., 1951, A non destructive concrete tester, concrete, 59 (8), 34-5.
- Taşdemir, C., Özyurt, N., Ertuğrul, C., Kara, G., 2003, Kırılma kumun beton özelliklerine etkisi üzerine bir değerlendirme, 3.Ulusal Kırılma Sempozyumu, s. 7-14, İstanbul.
- TS EN 1367-2, 2001, Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler- Bölüm 1: donmaya ve çözülme karşı direncin tayin,
- TS 802, Beton Karışım Hesapları, TSE, 1985, Ankara.
- Torgal, F. P., Gomes-Castro, J.P., 2006, Influence of physical and geometrical properties of granite and limestone aggregates on the durability of a C20/25 strength class concrete, Const. and Building Mat., (20) 10, s.1079-1088
- Yaşar, E., Erdoğan, Y., 2003, Ceyhan (Adana) kireçtaşlarının agrega olarak betonda kullanılabilirliği, 3. Ulusal Kırılma Sempozyumu, s. 205-212, İstanbul.
- Zarif, H.I., Tuğrul, A., Dursun, G., 2003, İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi, (16) 2, s. 61-70.

Gümüşhane ve Bayburt Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

İ. Karakurt, A.O. Yılmaz, İ. Alp, Ü. Görgülü ve İ. Çavuşoğlu
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Günümüz mimarisinde mermerler önemli kaplama malzemelerindedir. Mermerlere iç ve dış piyasada olan talep günümüzde hızla artmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi başta metalik madenler olmak üzere zengin bir maden potansiyeline sahiptir. Bölge de aynı zamanda başta granit olmak üzere değeri milyar dolarlarla ifade edilebilecek önemli yapıtaşı rezervlerine de sahiptir. Bu rezervlerin işletilebilmesi bölgenin ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışmada, Gümüşhane ve Bayburt'ta bulunan travertenlerin endüstriyel amaçlı kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, Bahçecik (Gümüşhane) ve Masat (Bayburt) yörelerinden alınan numuneler üzerinde fiziko-mekanik özellikleri belirlenmesi için laboratuvar ortamında bir takım deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar TSE'de verilmiş olan değerler ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Gümüşhane ve Bayburt'tan alınan numunelerin TSE standartlarını karşıladığı ve doğal yapıtaşı, zemin ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilmesi görülmüştür.

ABSTRACT: The marbles are significant coating materials in today's architecture. The demands for the marble types in both internal and external markets have been increasing rapidly. The Eastern Black Sea Region has a rich potential for a variety of mines, especially metallic ores. In addition to metallic ore deposits, the region also has a significant amount of marble reserve, mainly granite. The value of these marble reserves is about billion dollars. The operation of these marbles will accelerate the development rate of the region in a significant way. In this study, physical and mechanical properties of travertine deposits in the Bahçecik (Gümüşhane) and Masat (Bayburt) areas were investigated for their industrial use. Obtained data showed that travertines of Bahçecik and Masat can be used as natural building materials, floor and covering material.

1 GİRİŞ

Bilimsel olarak mermer, kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşlarının sıcaklık ve basınç altında yeniden kristalleşmesi ile oluşan başkalaşım kayaçlarıdır. Endüstriyel olarak kesilip cilalanabilen her türlü kayaca mermer denilebilir (Köktürk, 2002).

Atmosferden veya minerallerden aldığı CO₂ ile içerisinde karbonik asit (H₂CO₃) oluşmuş sular yeraltında kalker çökelekleri ile temas ettiğinde onları çözerek Ca(HCO₃)₂ şeklinde çözeltiye alır. Bu çözeltinin yüzeye ulaşması durumunda sıcaklık ve basıncın azalması ile CO₂ kaybederek CaCO₃ çökelişi meydana gelir. Oluşan bu çökeleklere oluşan yapıya göre Traverten veya oniks mermeri denir (Önem, 1997). Termal kökenli sıcak sulardan çökelen karbonatlar termojen kökenli traverten, soğuk sulardan atmosferik koşullarda çökelen karbonatlar ise metojen kökenli traverten olarak adlandırılmaktadır (Demirkıran, 2003).

Travertenler CaCO₃ içeren sıcak kaynak sularının bıraktıkları çökeleklerin oluşturduğu

boşluklu kayaçlardır. Boşluk oranı fazla olan ve bünyesinde bitki kalıntıları içerenlerine kireçtaşı tüfü adı verilmektedir (Sarız&Nuhoğlu, 1992). Türkiye'de oldukça büyük rezervli ve kaliteli traverten yatakları bulunmakta ve işletilmektedir. Bunlardan bazıları Antalya, Bursa, Ankara, Çankırı, Sivas, Hatay ve Niğde travertenleridir (Temur, 1994).

Traverten oluşma koşullarına göre, daha yavaş daha soğuk sulardan CaCO₃ çökmesinin gerçekleşmesi halinde ince kristalli, masif ve bantlı kayaçlar şekillenir. Bu grup kayaçlara oniks, albatr veya su mermeri adı verilmektedir. Doğal yapı taşlarında aranan en önemli fiziksel özellik renk, desen ve görünüşleridir. Ancak kaliteyi etkileyen diğer fiziksel ve mekanik özellikleri de kullanım yerinin belirlenmesinde son derece önemlidir. Bu özelliklerine uygun olmayan kullanımlar istenilen verimin elde edilememesine neden olmaktadır (Şentürk vd., 1996). Yapılarda kullanılacak doğal taşların bilinçli seçimi, yapının ayakta kalma süresini uzatmaktadır (Erdoğan, 1981). Doğal yapı

taşlarının fiziko-mekanik özellikleri, bu kayaların kullanım alanlarının belirlenmesi dışında, ocak ve fabrikalardaki üretim verimliliği üzerinde de oldukça önemli rol oynamaktadır. Doğal yapı taşlarının fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılacak deneyler ve sonuçların değerlendirilmesi ile ilgili TSE tarafından standartlar bulunmaktadır (Yavuz, 2003).

Bu çalışmada, Gümüşhane ve Bayburt bölgesinden alınan travertenler üzerinde kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için çeşitli deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçların doğal yapı taşı standartlarına uygunluğu araştırılmıştır (Şekil 1 a, b).



Şekil 1 (a) Bahçecik (Gümüşhane) Traverten Ocağından Bir Görünüm.



Şekil 1 (b) Masat (Bayburt) Traverten Ocağından Bir Görünüm.

2 BÖLGENİN JEOLJİSİ

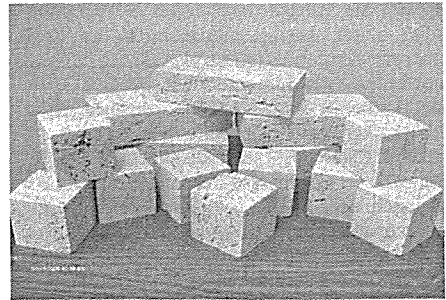
Doğu pontidler subtropik iklime sahip Karadeniz sahili boyunca yükseklikleri oldukça değişerek (0-2800 m.) ve iç bölgelere doğru da yüksekliği artarak uzanmaktadır. Bu yükseklik değişimine bağlı olarak iklimsel zonlanmalar oluşmaktadır. Traverten yatakları denizel kireçtaşları olan jurassik alt kreatese yaşlı berdiga formasyonu ile bağlantılıdır. Kireçtaşları gri ve soluk gri renkli, KD-GB yönünde bölge yapısına ve tektonik gelişime paralel olarak uzanmaktadır. Kireçtaşları orta kalınlıklı tabakalı (30-70 cm) yapı ve KB-GD doğrultulu ve 15-45° KD eğimli oldukça kalın yataklanmalar göstermektedir. Kuzey Anadolu Fayı ve Erzurum fay hatları boyunca şiddetli neotektonik

hareketlerden ve kayaç alterasyonundan dolayı kayaç oldukça kırıklı yapı oluşturmuş fay, çatlak ve mağaralar gelişmiştir. Bu durum yer altı suyu akışına ve yağmur sularının süzülmesine uygun şartları oluşturmuştur. Aynı zamanda K-D faylarının keşiminden dolayı yeraltı suyu 1500-2000 m yükseklikte ortaya çıkarak Bayburt ve Gümüşhane bölgelerinde traverten yatakları oluşturmuştur. Yağmur sularında atmosfer teması ile büyük miktarlarda CO₂ çözülmüş ve kireçtaşlarının çözünmesine neden olarak bölgede traverten yataklarının oluşmasına neden olmuştur. Bölgede yaygın olarak traverten yataklanmaları bulunmaktadır. Travertenler krem, koyu krem ve soluk kahverengi renginde ve porozitesi düşük olarak bulunurlar.

Traverten örneklerinin polarizan mikroskop ve X-ışını kırınımı yöntemleri ile incelenmesi sonrasında kayaçların kalsit, aragonitten oluştuğu ve çok az oranda kuvars ve kil içerdikleri görülmüştür. Traverten örnekleri temel olarak kalsit ve nadiren aragonit içerirken eser miktarlarda bitki kalıntılarına da rastlanmaktadır. Yapılan petrografik, jeokimyasal ve izotop araştırmaları göstermiştir ki, travertenler tipik olarak meteojen (düşük sıcaklık) karakterine sahip oldukları gözükmektedir.

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışma kapsamında, numunelerin kimyasal analizleri ICP-MS metoduyla Kanada'da ACME laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel örnekleri Güven Cem Mermer A.Ş. laboratuvarında hazırlanarak kübik ve prizmatik örnekler bloklardan 50x100x200 mm, 71x71x71 mm, 50x50x50 mm ve 40x40x40 mm olacak şekilde elde edilerek hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2 Çalışmalar İçin Hazırlanmış Örnekler

Malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri TS 699'a göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar TS 2513 (Doğal yapı taşı), TS 1910 (Kaplama) ve TS

10449 (Mermer ve kalsiyum karbonatlı kayalar)'a göre değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, su emme, porozite, yoğunluk oranı, basınç dayanımı ve ultrasonik dalga hızı deneyleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Eğilme dayanımı, Böhme aşınma direnci ve darbe dayanımı deneyleri ise Dokuz Eylül Üniversitesi-Torbalı MYO laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1 Numunelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

%	Bahçecik	Masat
SiO ₂	0.20	0.35
Fe ₂ O ₃	0.05	0.05
MgO	0.56	0.06
CaO	55.53	56.45
MnO	<.01	<.01
LOI	43.50	43.00
SUM	99.90	100.00
TOT/C	12.24	12.03

Gümüşhane ve Bayburt bölgesindeki ocaklardan elde edilen malzemelerin üzerinde özelliklerini belirlemek için çok çeşitli deneysel çalışmalar gerçekleştirildi. Bu çalışmalar sonrasında travertenlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3'de gösterilmiştir. Aynı zamanda çalışmada elde edilen değerler ilgili TSE standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Bahçecik travertenlerinin ortalama basınç dayanımı ve eğilme dayanımları sırasıyla 255,91 ve 115,39 kg/cm², Masat travertenlerinin ortalama basınç ve eğilme dayanımları sırasıyla 390,26 ve 128,20 kg/cm² olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlere göre Bahçecik travertenlerinin

basınç dayanımları standart değerlerin altında çıkmıştır (Şekil 3).

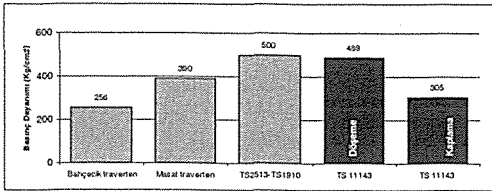
Eğilme dayanımları ise standart değerlerin oldukça üstünde çıkmıştır. Bulunan bu değerlere göre Masat travertenleri kaplama taşı kullanımı için uygundur. Genel olarak doğal yapı taşları için birim hacim ağırlık değerleri 2,5 ve 2,6 gr/cm³'den daha büyük olması istenmektedir. Bahçecik ve Masat traverten numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonrasında birim hacim ağırlık değerleri (2,69 ve 2,7 gr/cm³) bu standartların üstünde çıkmıştır (Şekil 7). Zemin kaplaması, merdiven basamakları ve yol kaplama malzemesi gibi doğal taşları kullanmak için ana kayalara aşınma direnci (Böhme) uygulanmaktadır. Zemin kaplaması olarak kullanılacak travertenlerde bu aşınma direnci değerleri 15cm³/50cm² değerinden, dekoratif malzemesi ve duvar kaplamalarında kullanılacak travertenlerde ise 20cm³/50cm² değerinden yüksek olmalıdır. Deney sonuçları incelendiğinde Bahçecik ve Masat travertenlerinin aşınma direnci standart değerlerinin üstünde çıktığı görülmektedir (Şekil 5). Bu durumda Bahçecik ve Masat travertenleri zemin kaplamasında, yol kaplama malzemesi olarak ve merdiven basamaklarında da kullanılabilir. Malzemelerin darbe dayanım değerleri incelendiğinde Masat travertenlerinin kaplama taşı olarak kullanılması için gerekli standardı sağladığı görülmektedir (Şekil 6). Porozite ölçümleri endüstriyel ürünlerde kayacın hasar seviyesinin güvenilir bir biçimde göstergesidir. Numunelerin su emme değerleri incelendiğinde Bahçecik ve Masat travertenlerinin tüm standart değerleri karşıladığı görülmektedir (Şekil 8). Numunelerin ortalama porozite değerleri (%12,45, 14,56 %) incelendiğinde ise bu değerlerin yüksek olduğu ve standart değerleri karşılamadığı görülmektedir (Şekil 9).

Tablo 2 Bahçecik (Gümüşhane) Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

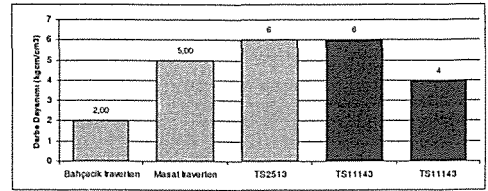
Test		Max	Min	\bar{x}	TS 2513	TS 1910	TS 11143	
Mekanik Özellikleri	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Kuru	352.76	149.19	255.91	500	500	489 (305)
		Yaş	259.84	153.36	196.89			
	Eğilme Dayanımı (kg/cm ²)	135.99	94.80	115.39	50	50		
	Böhme Aşınma Direnci (cm ³ /cm ²)	23.87	22.72	23.51	15	15	15 (20)	
Darbe Dayanımı (kgcm/cm ³)	2	2	2.00	6		6 (4)		
Fiziksel Özellikleri	Birim Hacim Ağırlık (%)	2.696	2.67	2.68	2.55	2.55	2.3	
	Kuru Birim Hacim Ağırlık (%)	2.61	1.95	2.348				
	Su Emme (%)	2.65	1.88	2.274	1.8	0.75	3	
	Porozite (Görünen) (%)	6.35	4.14	5.36				
	Doluluk Oranı (%)	97.32	72.71	87.55				
	Gerçek Porozite (%)	27.29	2.68	12.45				
	Ultrasonik dalga hızı (m/s)	Kuru	23	17	22			
Yaş		19	14	18				

Tablo 3 Masat (Bayburt) Travertenlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

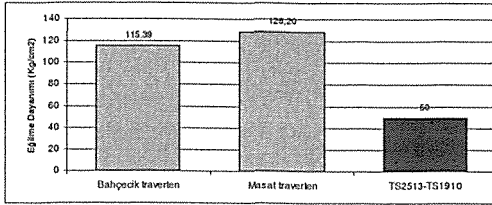
Mekanik Özellik	Max	Min	\bar{x}	TS 2513	TS 1910	TS 11143	
Basınç Dayanımı (Kg/cm ²)	Kuru	441.69	348.68	390.26	500	500	489(305)
	Yaş	403.89	318.85	362.22			
Eğilme Dayanımı (Kg/cm ²)	133.81	122.60	128.20	50	50	29,98	
Böhme Aşındırma Direnci (cm ³ /cm ²)	22.41	18.16	20.56	15	15	15(20)	
Darbe Dayanımı (kgcm/cm ²)	6	2	5.00	6		6(4)	
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2.7	2.69	2.70	2.55	2.55	2.3	
Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	2.39	2.18	2.304				
Su Emme (%)	3.02	1.65	2.139	1.8	0.75	3	
Porozite (Görünen) (%)	6.59	3.84	4.90				
Doluluk Oranı (%)	88.63	80.84	85.44				
Gerçek Porozite (%)	19.16	11.37	14.56				
Ultrasonik dalga hızı (m/s)	Kuru	21	18	19			
	Yaş	18	16	17			



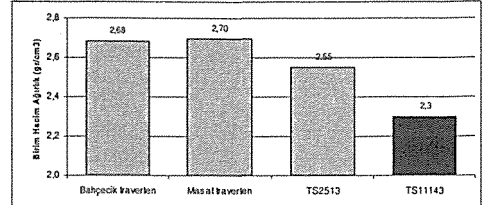
Şekil 3 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Basınç Dayanımı Değerlerinin Standart Değerler ile Karşılaştırılması.



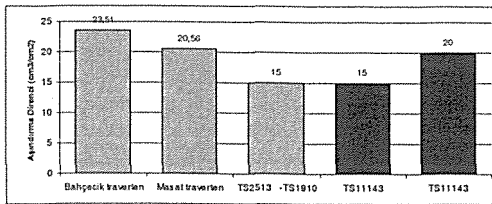
Şekil 6 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Darbe Dayanımı Değerlerinin Standart Değerler ile Karşılaştırılması.



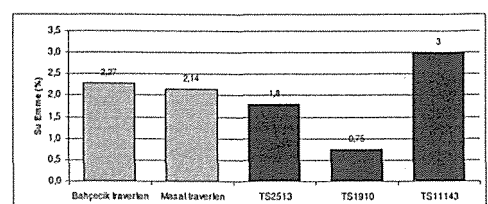
Şekil 4 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Eğilme Dayanımı Değerlerinin Standart Değerleri ile Karşılaştırılması.



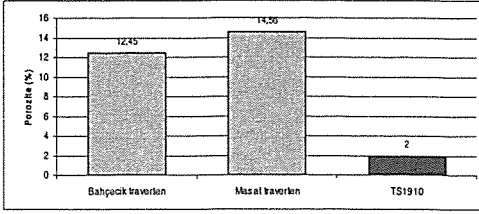
Şekil 7 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Birim Hacim Ağırlık Değerlerinin standart Değerler ile Karşılaştırılması



Şekil 5 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Aşındırma Direnci Değerlerinin Standart Değerler ile Karşılaştırılması.



Şekil 8 Bahçecik ve Masat Travertenlerinin Su Emme Değerlerinin Standart Değerler ile Karşılaştırılması.



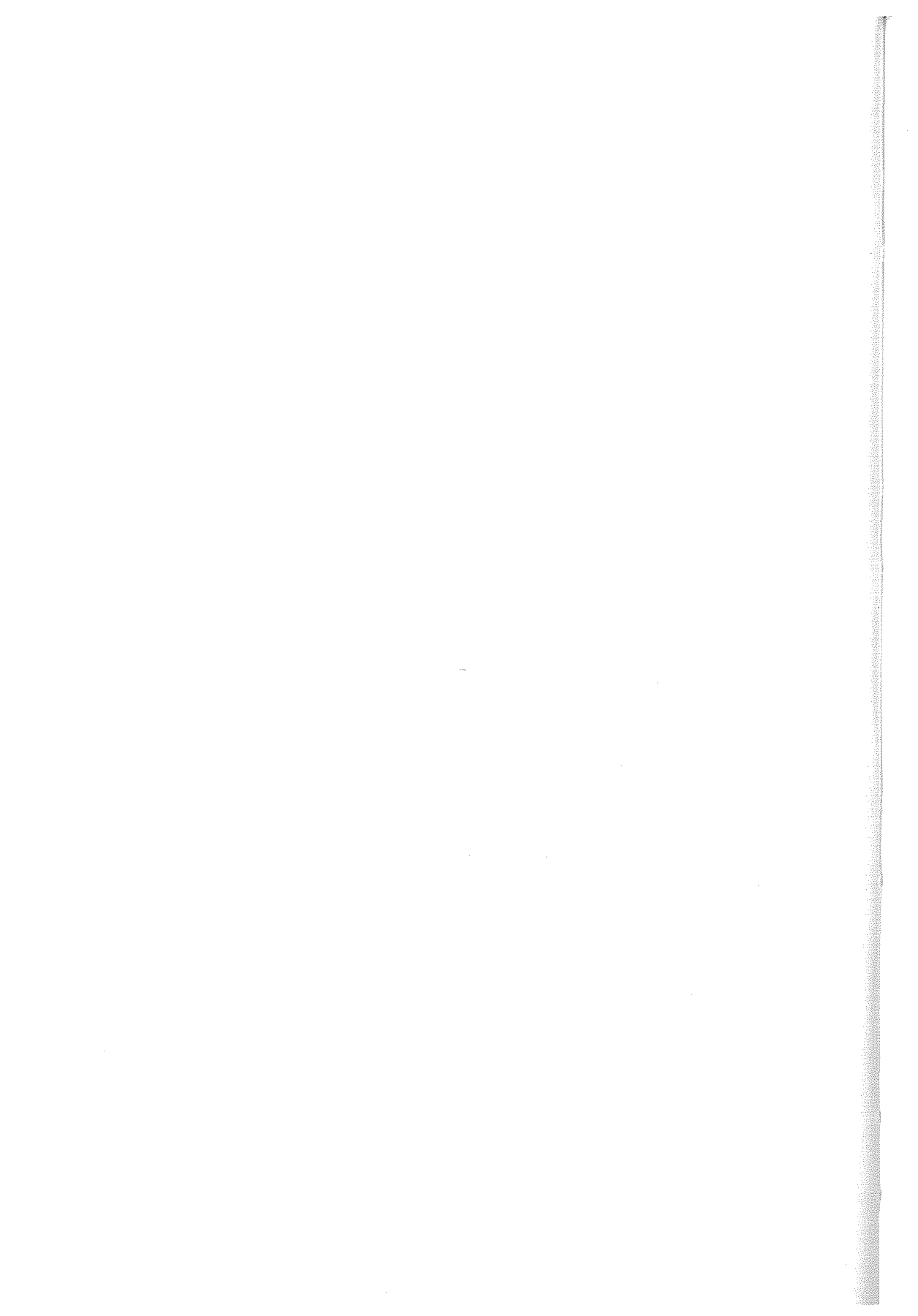
Şekil 9 Bahçecik ve Masal Travertenlerinin Porozite Değerlerinin Standart Değerler ile Karşılaştırılması.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, Gümüşhane (Bahçecik) ve Bayburt (Masal)'ta bulunan travertenler mühendislik açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla yöreden alınan numuneler üzerinde fiziksel, mekanik ve kimyasal olmak üzere bir takım deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda traverten numunelerinin basınç ve eğilme dayanımları dikkate alındığında Masal travertenlerinin kaplama malzemesi olarak kullanılabilmesi için gerekli standart değerini sağladığı görülmektedir. Traverten numuneleri üzerinde yapılan aşınma direnci deneyleri sonucunda her iki yöreye ait traverten numunelerinin aşınma direnci değerlerinin gerekli standart değeri sağladığı da görülmüştür. Masal ve Bahçecik travertenlerinin aşınma direnci değerleri dikkate alındığında yol kaplama malzemesi, zemin kaplaması ve merdiven basamakları yapımında da kullanılabilmesi için gerekli standartı sağladığı görülmektedir. Doğu Karadeniz bölgesi oldukça önemli mermer yataklarına sahiptir. Bölgede bulunan ve yapı taşı olarak kullanılabilir traverten gibi önemli maden yataklarının özelliklerinin belirlenerek gerekli çalışmaların yapılmasıyla işletilebilir hale getirilmesi ve bölgenin kalkınmasına öncülük etmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Demirkıran, Z. 2003, Denizli travertenlerinin jeolojisi ve morfolojisi, In D.İ. Öneç.&E. Atabey (eds), Mermer Meslekiçi Eğitim Semineri, Chamber of Geological Engineers of Turkey, pp. 65-81 (in Turkish).
- Erdoğan, M. 1981. Yapılarda kullanılan taşlarda gözlenen bozulmalar ve iyileştirme yöntemleri, Mühendislik Jeolojisi Türk Millî Komitesi Dergisi, Turkey, no.4, pp. 22-27 (in Turkish).
- Köktürk, U. 2002. Endüstriyel Hammaddeler, Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering Press, No.205, İzmir, Turkey, 259p (in Turkish).
- Önem, Y. 1997. Sanayi Madenleri: Tanımları,Doğada Bulunuşları, Dünya ve Türkiye Rezervleri, Yıllık Üretimleri, İhraç ve İthal Miktarları, Kozan Ofset, Ankara Turkey, 368p. (in Turkish).
- Sarıöz, K. & Nuhoglu, İ. 1992. Endüstriyel Hammade Yatakları ve Madenciligi, Anadolu University, Faculty of Engineering&Architecture Press, No.62, Eskişehir, Turkey, 452p (in Turkish).
- Şentürk A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ., Saruşık, A. 1996. Mermer Teknolojisi, Süleyman Demirel University, Mining Engineering Dept., Isparta, Turkey, 245p (In Turkish).
- Temur, S. 1994. Endüstriyel Hammaddeler, Selçuk University, Faculty of Engineering&Architecture Press, Konya, Turkey, 245p. (in Turkish).
- Yavuz, A.B. 2003. Doğal yapıtaşları standartları, In D.İ. Öneç.&E. Atabey (eds), Mermer Meslekiçi Eğitim Semineri, Chamber of Geological Engineers of Turkey, pp. 57-64 (in Turkish).
- TS 699, Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deneysel Metotları, 1987 Ankara.
- TS 2513, Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri, 1975 Ankara.
- TS 1910, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Kayaçların Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri, 1977 Ankara.
- TS 10449, 1988. Mermer ve Kalsiyum Karbonat Bileşimli Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri, 1991 Ankara.



Doğal Taşların Kesilmesi ve İşlenmesinde Su Jeti Kullanımı

İ. Karakurt, K. Aydın, İ. Alp & Ü. Görgülü
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Son yıllarda gerek yurt içi kullanım gerekse de yurt dışı satışlar için doğal taşlara olan talep artmaktadır. Bu artışların sonucunda doğal taşların kesilmesi ve işlenmesi konusunda yeni teknoloji gereksinimi de artmaktadır. Farklı alanlarda yaygın kullanım olanağı bulan Su Jeti Kesme sistemleri doğal taş işleme endüstrisinde de ocak işletmeciliğinde blok kesimi ve doğal taş işleme süreçlerinde dekoratif kesme amaçları için kullanım olanağı bulmuştur. Yüksek yatırım maliyetleri su jeti kesme sistemlerinin ocak işletmeciliğinde blok kesiminde kullanımını sınırlamaktadır. Ancak, geleneksel yöntemlerle kesmenin pahalı olduğu granit işletmeciliğinde su jetli kesme sistemleri kullanım olanağına sahiptir. Dekoratif mermer üretiminde geleneksel kesme sistemlerinin aksine aşındırıcılı su jeti kesme sistemleri eğri kenarların kesimi olanağı ile karmaşık şekillerin kesilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada su jeti kesme sistemlerinin çalışma prensipleri, kesme performansını etkileyen parametreler, ekonomik özellikleri ve geleneksel yöntemlere göre bu sistemlerin bir değerlendirmesi sunulmaktadır.

ABSTRACT: Both in-home use and foreign sales of natural stone demands have been increasing in the last years. Due to this, there is an increasing demand for newer technologies in sawing and processing of the natural stones. The water jet systems finding broad application potential in different areas have been used both in quarrying and sawing in plant operations for decorative cutting purposes in natural stone processing industry. Higher investment costs limit the use of water jet systems in block cutting in quarries. These systems have application potential in granite cutting and sawing applications for which conventional systems are costly. On the other hand, abrasive water jet systems has important advantages over the conventional systems in decorative cutting, since these can follow curvatures and allow cutting of complex patterns. This paper discusses the operating principles and parameters that affect the performance of cutting, economical characteristics of the water jet systems and gives an evaluation of the systems over the conventional cutting/sawing systems.

1 GİRİŞ

Suyun basınç etkisinden yararlanarak madencilikte kullanımı, Sovyetler Birliği ve Yeni Zelanda da kömürün hidrolik madencilğine kadar dayanmaktadır (URL 1., 2006). Bu amaçla su, ilk önceleri baraj türü yapılarda toplanarak kömür madenlerinde patlatma sonrası kayaç yüzeylerine kömür kaybını önlemek için püskürtülüp yıkamak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1930'lerden sonra tazyikli su ile kaya kesim işlemini yapan ilk ülke Rusya'dır. Daha sonraları gelişen teknoloji ile birlikte malzeme yüzeyine yüksek basınçta su püskürten su jetlerinin sanayide kullanılmaya başlaması ise 1970'lerden sonra yaygınlaşmış ve 1980'lerden sonra bu teknoloji geliştirilerek

özellikle metal gibi sert malzemelerin kesilmesinde ilerlemeler kaydedilmiştir. Son yıllarda madencilikte de kullanılmaya başlanan su jeti ocak blok üretiminden dekoratif mermer üretimine kadar birçok alanda kullanımı yaygınlaşmıştır.

Su jeti ile kesim yapmanın teorisi genellikle malzeme yüzeyinde bir mikro aşınma formu olarak tarif edilir (URL 1., 2006). Meme (Nozul) adı verilen dar bir boru içerisinden geçen ve küçük bir ağızdan (orifis) yüksek basınçta çıkan suyun malzeme yüzeyine temas etmesi esasına dayanmaktadır. Meme içerisinde yüksek basınçta (3000-4000 bar) ilerleyen su meme ağzına yaklaştıkça daralan kısımlarda iyice hızını artırarak malzeme yüzeyine püskürtülür. Malzeme yüzeyine temas eden bu yüksek basınçtaki su malzemede aşındırma etkisi yaparak malzemenin kesilmesini

sağlar. Saf su jeti ile kesim plastik, mukavva, ahşap gibi yumuşak malzemelerde yeterli olmasına rağmen metal, cam, mermer yada granit gibi kayalarda sert malzeme oldukları için yeterli olmamaktadır. Bu tür malzemelerin kesilmesi ve işlenmesinde ise geliştirilen aşındırıcılı su jetleri kullanılmaktadır.

2 SU JETİ ÇEŞİTLERİ

Su jeti çeşitleri, kesim yapılması düşünülen malzemeye göre iki çeşittir. Bunlar,

1. Su jetleri
2. Aşındırıcılı su jetleri

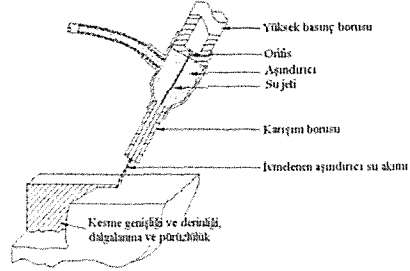
Su jetleri, genellikle sabit basınç altında işlenebilen yumuşak malzemeler ile suyun iletildiği basıncın etkisi ile yapısında mikro düzeyde kırıklar meydana gelen gevrek malzemelerin kesilmesi ve işlenmesinde kullanılmaktadır. Aşındırıcılı su jetleri, sert ve dayanıklı malzemelerin kesilmesi ve işlenmesinde kullanılır. Bu amaçla su jetine aşındırıcı özelliğe sahip silisyum karbür, kum ya da cam parçacıklar gibi malzemeler katılarak sert malzemelerin işlenmesi sağlanır. Su jetine ilave edilen bu katı parçacıkların boyutları 10 -150 µm arasında değişmektedir (URL 2., 2006).

Her iki sistemde de makine ve teçhizat bileşenleri şu şekildedir;

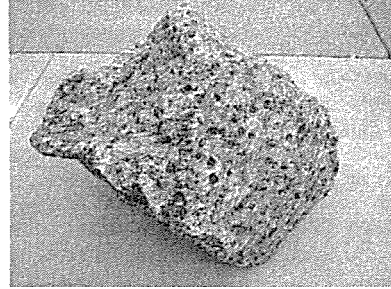
- Yüksek basınç pompası
- Kumanda ve kontrol ünitesi
- Yüksek basınç iletim boruları ve teçhizatı
- Basınçlı suyun yüksek hızda çıktığı meme

Yukarıda bahsedilen bileşenlerden en önemli olanı yüksek basınç pompalarıdır. İkinci önemli bileşen ise yüksek basınçlı suyun su jeti olarak çıktığı memedir. Bunlar aşındırıcılı ve aşındırıcısız su jetleri için farklılık göstermektedir (Şekil 1).

Saf su jeti ile kesimde, suyun basıncı bir çift etkili pistonlu pompa vasıtasıyla 380 MPa değerine kadar artırılarak sabit bir su jeti akışı elde etmek için akümülatörde toplanır. Akümülatörden gelen basınçlı su, 0,1 ile 0,4 mm çapında bir lüleden geçmeye zorlanarak su jeti oluşturulur. Bu şekilde elde edilen yüksek hızlı su jeti düzgün ve temiz bir kesme işlemi yapmayı sağlar (Dinçer, 2001). Aşındırıcı su jetlerinin çalışma prensipleri saf su jetlerinin çalışma prensipleri ile aynıdır. Aralarındaki tek fark sert ve dayanıklı malzemeyi kesebilmek için su jeti içerisine aşındırıcı malzeme (kuvars kumu, cam, silisyum karbür, alüminyum oksit ya da granat) ilave edilmesidir. Çoğunlukla kullanılan aşındırıcı malzeme insan sağlığına olan tehlikesi ve ekipmanı aşındırma özelliği minimum olması nedeniyle granatlardır (Şekil 2).



Şekil 1. Su jeti nozulunun genel yapısı (Aşındırıcı beslemesi yandan yapılan model) (URL 3., 2006)



Şekil 2. Aşındırıcı malzeme olarak kullanılan granat/garnet (URL 6., 2006)

3 SU JETİNİN UYGULANDIĞI MALZEMELER

Su jetinin aşındırıcılı ve saf olarak uygulandığı malzeme çeşitleri gün geçtikçe artış göstermektedir. Hızı yaklaşık 750 m/s'ye ulaşan su jetlerinin kullanım alanları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Su Jeti ile İşlenebilen Malzemeler.

Saf su jeti ile işlenebilen malzemeler	Aşındırıcılı su jeti ile işlenebilen malzemeler
Dondurulmuş gıdalar	Alüminyum, Bakır, Cam
Halı	Granit, Mermer, Traverten
İnce levha	Karbon elyafı, Kompozit malzemeler
İnce mum	Paslanmaz çelik, Polikarbonat,
Kağıt, Köpük, Mantar	Seramik, Sert kauçuk
Plastik film, Sunta	Taş, Titanyum
Yumuşak conta malzemesi, Yumuşak kauçuk	
Yumuşak poliüretan, Yumuşak veya ince ahşap	

4 SU JETİ İLE KESME SİSTEMLERİNDE KESME PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELER

Su jeti ile kesme sistemlerinde kesme performansını etkileyen birçok bağımsız parametre vardır. Bu parametrelerin başlıca önemli olanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Hashish. vd., 2006).

- Meme (Nozul) çıkış çapı ve kesmede kullanılacak basıncın etkilediği hidrolik parametreler
- Aşındırıcı malzeme yoğunluğu, sertliği, akıcılığı, kuru ya da yaş olması, aşındırıcı malzeme besleme yöntemi ve aşındırıcı malzeme boyutu
- Meme (nozul)'nin yapıldığı malzeme cinsi ve boyutları
- Kesilecek malzeme cinsi ve özellikleri
- Diğer faktörler (kesme açısı, kesme hızı v.b.)

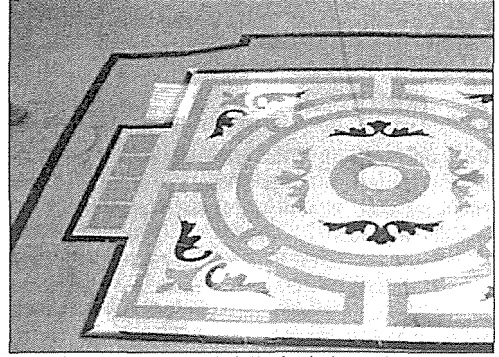
Kesmeyi etkileyen parametre sayısı fazla olduğundan dolayı optimum bir kesim performansı elde etmek için her bir parametreye ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi gerekir.

5 OCAK İŞLETMECİLİĞİ VE DEKORATİF MERMER ÜRETİMİNDE SU JETİ KULLANIMI

Ocak işletmeciliğinde su jeti kullanımını sınırlı olmasına rağmen son on yılda yapılan çalışmalar ile mermer blok üretiminde saf su jetleri kullanılmaktadır. Granit ocaklarında blok üretim maliyetlerinin yüksek oluşu yeni ve ucuz yöntemlerin araştırılmasına sebep olmuştur. Böylelikle ilk önceleri sanayide farklı alanlarda kullanılan su jetleri granit ocaklarında blok üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır (Engin, 2006). Yüksek hızlı su jeti granit yüzeyine uygulandığında içerisine nüfuz ederek zayıf mineral sınırlarından ayrılmalara ve kopmalara böylelikle parçalanarak aşınmalara neden olur. Su jetinin salınımı ve aşağı yukarı hareketi ile kesim işlemi gerçekleştirilir. Blok üretiminin tamamıyla su jeti ile yapıldığı ocaklarda, üretilecek blokların dörtkenarı kesildikten sonra kamalar ya da hava yastıkları yardımıyla tabanı kopartılarak bloğun ana kayadan ayrılması sağlanır. Su jeti genellikle granit ocaklarında yeni bir basamak oluşturulurken ilk blok kesiminde, soğumayla birlikte oluşan kayaç gerilmelerinin elması teli sıkıştırdığı için kullanılmadığı durumlarda blok üretiminde ve en çokta elması tele yardımcı üretim yöntemi olarak elması teli rahatlıkla içerisinden geçirmek için geniş kesim aralığı oluşturulmak istenen durumlarda kullanılmaktadır. Bu durumda basamak arkasında su jeti kesme sistemi ile kanal açıldıktan sonra bu kanala açılan bir delikten elmas tel geçirilip düşey

ve yatay kesimler yapılarak blok üretimi gerçekleştirilir (Engin, 2006).

Mermer ya da granitlerin dekoratif amaçla kesimini diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında istenen formun verilmesi bir takım zorluklar doğurmaktadır. Daha çok yumuşak ve hafif malzemelerin kesiminde kullanılan su jeti sistemine aşındırıcı malzeme ilave edilerek hemen her türlü malzemenin kesilmesi aşındırıcı su jetlerinin dekoratif mermer üretiminde de kullanılması olanağını sağlamıştır. Su jeti ile kesim işlemi bir soğuk kesme sürecidir. Yani kesim anında oluşacak ısı problemler ortadan kalkacak ve malzemenin yapısındaki bozunmalar minimuma indirgenecektir. Ayrıca aşındırıcı su jeti ile kesimlerde kesim aralıkları çok dar olması, kesim işleminin hızlı ve iyi olması, çok karmaşık şekillerin su jeti ile daha kolay verilebilmesi ve malzeme üzerinde çok değişik şekillerde kesim işlemine uygun olması nedeniyle dekoratif mermer üretiminde aranan bir ekipman olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2 Aşındırıcı su jeti ile kesimi yapılan dekoratif mermer üretimi (URL 4., 2006).

6 SU JETİNİN DİĞER SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Su jeti ile kesme sistemi diğer kesim sistemleri ile karşılaştırıldığında bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir (URL 5., 2006). Su jeti ile kesim sisteminin kullanımını sınırlayan dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Kesim işlemi için harcanan süre uzundur. Buda kesim maliyetinin artmasına neden olmaktadır.
- Çok kalın olan malzemelerin kesilmesinde istenen şeklin elde edilmesi zor olduğu için bu tür malzemelerde su jeti ile çalışmak avantajlı değildir.

- Çok sıvri ya da gittikçe incelen malzemelerin su jeti ile kesilmesi problemlidir.
- İlk yatırım maliyeti yüksektir.

Yukarıda sayılan dezavantajların aksine aşağıda belirtilen koşul ve durumlarda su jeti kesim sistemleri ile çalışmak bazı avantajlar sunar. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- Delme ve kesme işlemi birlikte yapıldığı için kısa sürede üretime başlanır.
- Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlar.
- Otomatik çalıştığından sürekli başında bir operatörün bulunmasına gerek yoktur.
- Çok düzgün ve istenen boyutta blok üretimine olanak sağlar.
- Ocakta kesim işlemi sırasında oluşacak ince parçacıklar diğer ekipmanların çalışabileceği düzgün bir zeminin oluşmasına sebep olur.
- Kesim işlemi esnasında ısı problemi olmaz.
- Malzeme kaybı oldukça azdır.
- Diğer kesim aletlerine göre daha hafif bir ekipmandır.
- Montaj ve demontajı daha kolaydır.

7 SONUÇLAR

Bu çalışmada, su jeti kesme sistemleri hakkında bilgi verilmiş, diğer kesme sistemleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Genel olarak su jeti ile kesme sistemlerinde kesim yapılan malzemeye hasarının diğer kesim sistemlerine nazaran minimum olması, bilgisayar kontrollü otomatik olması ve endüstride hemen her dalda kullanılması nedeniyle tercih edilen bir kesim sistemi olmaktadır. Su jeti

kesme sistemi blok üretim maliyetinin yüksek olduğu granit ocaklarında alternatif bir sistem olarak geliştirilmiştir. İlk yatırım maliyetinin ve işletme giderlerinin fazla olması yine granit ocakları ile kısıtlı olması nedeniyle diğer kesici sistemleri ile rekabette geriye düşmektedir. Özellikle dekoratif mermer üretiminde sahip olduğu avantajlardan dolayı yüksek ilk yatırım maliyetine rağmen alanında rakipsiz görülmektedir. Sahip olduğu bir takım avantajlar sebebiyle su jeti ile kesim sistemleri üzerindeki araştırmalar ve iyileştirme çalışmalarına devam edilmelidir.

KAYNAKLAR

URL≈1:

www.mfg.mtu.edu/cyberman/machining/non_trad/waterjet
URL≈2: Jet Edge, Ultra – High Pressure Waterjet Systems, 10.07.2006

URL≈ 3., Waterjet-Su Jeti.,

www.makinamuhendisi.com/idx/8/019/Makina-Magazin-Makale/article/waterjet-su-jeti.html, 12.07.2006

Diñer O.A., Su Jeti İle Kesme Yönteminde Kesmeye Etki Eden Faktörlerin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, E. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2001

Engin, İ. C., 2006. Ocak İşletmeciliğinde ve Dekoratif Mermer Üretiminde Su Jeti Kullanımı, Ed; Ersoy, M., ve Ergün, E., Mersem 2006

URL≈4: Betaka Granit Mermer Dekorasyon San. Tic. Ltd. Şti., www.betaka.com.tr, 20.07.2006

URL≈5:WaterjetCutting,

www.mfg.mtu.edu/cyberman/machining/non_trad/waterjet, 20.06.2006

URL≈6:Introduction to waterjet machining., www.waterjets.org/waterjet_pictures, 18.06.2006

Hashish., M., Loscutoff, W.V., Reich, P., 2006. Cutting with Abrasive Waterjets, Flow Industries, Inc., Kent, Washington

Atıksu Arıtma Çamuru Küllerinin Betona Katkı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma

O. Üçüncü & M. Gülay

KTU Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ve FBE Çevre ABD, 61080 Trabzon

ÖZET: Kentsel atıksu arıtma tesisi atıklarından olan arıtma çamurlarının bertaraf şekilleri oldukça değişkendir. Çevre politikaları ve teknoloji kullanılması ile çeşitlilik arz eder. Daima yenilenen teknoloji ve artan içme suyu miktarları ile oluşan çamur miktarlarındaki artış sonucu bertaraf şekilleri yakma, depolama ve derin deniz deşarjı şeklinde olmaktadır. Atıklar artan çevre bilinci ve sınırlı doğal kaynaklar nedeniyle son zamanlarda yakma ile bertaraf edilmektedir. Yakma neticesinde aşırı şekilde hacim azaltılması meydana getirilir ve nihai olarak oluşan çamur küllerinin bertaraf edilme zorunluluğu vardır. Bu çalışmada yakılan atık çamurlarının küllerinin bileşimi ortaya konmuş ve bu küllerin çeşitli oranlarda çimentoya ikame malzemesi yerine kullanılması ile oluşturulan beton numuneleri ve şahit numune oluşturularak karşılaştırılmalı olarak değerleri açısından incelenmiştir. Numunelerde çimento oranları azaltılarak yerine % 5 %10 %15 %20 oranlarında öğütülmüş kül konularak, 3, 7, 14, 28 gün süreyle kürleştirilmiştir. Bu süre sonunda mukavemet deneyleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada bütün katkı yüzdelerinde yaklaşık olarak % 94 'e kadar şahit beton mukavemetine yaklaşıldığı gözlemlenmiştir.

ABSTRACT: Sludge is a product of municipal wastewater treatment plant and its removal procedures vary among them self. Depending on the environmental standards and technological usage, the disposal of the sludge varies. Due to the increase in the water consumption and technological improvements, the amount of the wastewater treatment sludge has increased significantly. Burning, storage, river and sea discharge procedures are used to remove the sludge. The sludge ash resulting from the burning procedure, which significantly decreases the volume of the sludge, has to be removed. In this study the chemical contents of the sludge used in concrete samples were searched. The compression strength of the concrete samples prepared at varying sludge contents were investigated. One strength test was conducted on the concrete with no sludge content. The concrete strength test results on with and without sludge prepared samples were compared. The cement contents in the prepared concrete samples were decreased levels substituted with same percentages of the sludge ashes. At 5 %, 10 %, 15 %, 20 % The concrete samples were tested after 3, 7, 14, and 28 days of curing periods. This study showed that the concrete strength samples with sludge ash were 94% of the concrete samples free of sludge ash.

1 GİRİŞ

Evsel nitelikli atık suların tasfiyesi sonrası oluşan çamur cinsleri ve miktarları oldukça farklıdır. Bu çamurların bertarafı, sulu ortama verilerek uzaklaştırılması, arazi üzerine serilerek çamurlardan metan eldesi ve bundan sonra nihai çamurun çeşitli susuzlaştırma proseslerinden geçirilerek suyunun uzaklaştırılması; depolanması veya doğrudan doğruya katı atık depolama sahalarında depo edilmesiyle son bulmaktadır (Liew ve diğ., 2004).

Atık su arıtma tesisinin arıtma derecesine göre oluşan çamur miktarlarının hacminde artış olur ve içerikleri çok değişiktir (Valls ve diğ., 2004).

Avrupa ülkelerinde atık çamurun kurutma muamelesi için yaklaşık olarak 400 Euro kadar bir para harcanmaktadır. Avrupa'da atıksu arıtma çamurlarının uzaklaştırma şekillerini depolama, ziraat, yakma ve diğerleri diye sıralayabiliriz. Amerika Birleşik devletlerinde yıllık olarak yaklaşık 10 milyon ton atıksu arıtma çamuru katısı elde edilmektedir. Amerika'da yakma daha çok ön plana çıkmaktadır ve bu yolla oluşan yaklaşık 800 bin ton kadar kül oluşmaktadır. Oluşan çamurların ekonomik olarak kullanıldığı takdirde çamur bertaraf sorunlarında azalma meydana gelecektir.

Çamurların ekonomik olarak kullanılması hakkında son zamanlarda yapılan birçok çalışmada;

tuğlada ve çimento üretiminde kullanılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda %40 oranında çamurun tuğla ya katılabileceği gösterilmiştir (John ve diğ., 2001). Tesisin çeşitli kademelerinden alınan değişik tür çamurların çökeltim tankında %45-50 oranlarında yoğunlaştırılmalarından sonra filtre preslerden geçirilerek yüksek ısılarda, 650-700 °C'de yakılarak kullanılmaktadır (Tay, ve diğ., 2002).

Çalışmanın özünde ülkemizde giderek çoğalan arıtma tesisleri ve bunların daha iyi arıtma yapması ile artan bir şekilde arıtma çamurlarının bir endüstriyel atık olarak karakterini ortaya koymak ve bu yolda bir katkı üretebilmek yatmaktadır (Monzo ve diğ., 2003).

2 YAPILAN ÇALIŞMANIN AMACI

Atık su arıtma tesisi çamurlarının çimentoya katılmasıyla oluşan taze harcın işlenebilirliği artmakta, rötre ve su absorpsiyonu üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Artan çamur külü ile mukavemet düşüşü gözlenmiş ve %15 çamur külünün beton mukavemeti üzerinde etkili olmadığı gözlenmiştir. Bu araştırmanın esas amacı atıkların değerlendirilmesi ve bu yolla geri kazanımını sağlamaktır. Bu nedenle harç hazırlanmasında çimentoya ikame olarak katılması ve bu şekilde oluşturulan harçların ve betonun basınç mukavemetlerine, priz alma sürelerine, işlenebilirliğine, su emmesine, geçirirliğine ve diğer özelliklerine bakmak olmuştur (Antioshos ve diğ., 2004).

Bu çalışma kapsamında oluşturulan karışımlarda çimento yerine ağırlıkça % 10 katılan kurutulmuş ve öğütülmüş atık su çamuru ile hazırlanmış numune ve çimento ile hazırlanmış numunelerin 28 günlük mukavemetleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca kül katkılı hazırlanan harç ve betonların priz alma süreleri uzamış, geçirirlik ve su absorpsiyonu azalmıştır (Liew, ve diğ., 2004).

3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmaya konu olan Trabzon atık suyu analizleri yapılarak öncelikli olarak atık suyun içerik parametreleri ortaya konmuştur. Atıksu karakteristik parametreleri Tablo 1'de görülmektedir. Ana kolektörün geçi güzergâhı Moloz mevkiinde katı atık sahası içerisinde bulunmaktadır. Daha sonrada atıksuyun mekanik arıtmadan geçtikten sonra oluşan çamurlar toplanmış ve harmanlanmıştır.

Bu çalışmaya konu atıksu arıtma çamurları Trabzon kenti derin deniz deşarjı noktalarından alınarak harmanlanmış ve hava ile ilk kurutulması yapılmış ve daha sonra 650-700 °C'lerde pişirilmiş ve daha sonrada bu küller 50 µm inceliğe kadar öğütülmüştür. Çamur külünün özgül yüzeyi

ölçülmüştür. Ayrıca atık çamur külü bileşimi ve Portland Çimentosu (PÇ 32.5) ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 2'de verilmiştir. Çamur külündeki fiziksel ve kimyasal parametreler analiz edilerek Tablo 2'de verilmiştir. Aynı tabloda deneylerde kullanılan Portland çimentosunun oksit bileşenleri ile karşılaştırılmalı olarak birlikte verilmiştir. Çamur külünün ihtiva ettiği ağır metaller eser element olarak Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Trabzon Kenti Atıksu Analizleri

Parametre(-)	Birimi(mg/L)	Değer(-)
BOI		335
KOI		586
NO ₃		3,9
NO ₂		1,18
Cl		152
PO ₄		76,4
NH ₄		0,09
Tenside		6,79
Al		0,05
Mn		1,78
SO ₄		58
SO ₃		1,5
Ag		0,58
Ni		1,05
Mg		47
Zn		0,27
Cu		0,3
Pb		0,03
AKM		162 mg/L
Toplam Kjheldal Azotu(TKN)		16 mg/L
Bulanıklık		140 NTU
Toplam Fosfor(TP)		18 mg/L
Elektriksel İletkenlik(Ei)		1075µS/cm
pH		8,6(-)
Sıcaklık		25°C

Tablo 2. Atık Çamuru Külü ve Portland Çimentosunun Bileşimi (PÇ 32,5) (Gülay, 2002)

Atık çamuru özellikleri	Değerler	Ortalama
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2.45-2.96	2.75
Blaine özgül yüzey (m ² /kg)	640-710680	
pH(-)	4,3-5,8	5,2
Parametre	PÇ Bileşimi (PÇ 32,5)	Atık Çamur Külü
SiO ₂	,2	28,6
AlO ₃	5,55	8,2
Fe ₂ O ₃	3,31	3,6
CaO	64,16	20,9
MgO	1,15	4,2
SO ₃	2,66	1,3
Na ₂ O+K ₂ O	0,5	6,5
Kızdırma Kaybı	0,98	26,7

Tablo 3. Küldeki bulunan eser elementler (mg/kg)

Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Cr
220	43	192	3	51	65

Karışımlarda % 40 kum, % 35 iri çakıl (mak. tane çapı 25.5 mm) ve %65 oranında ince çakıl kullanılmıştır. Kullanılan kumun incelik modülü 3.03 kadardır. Hazırlanan bütün numunelerde çimento miktarları %5, 10, 15 ve 20 oranlarında azaltılarak yerine atık çamur külü konulmuştur. Kullanılan küp kalıpların ölçüsü 120x120x120 mm boyutlarında olmuştur. Numuneler 3, 7, 15 ve 28 gün kürleştirilmiş ve daha sonra kırılmışlardır. Basınç dayanımları için 5 adet numunede kırım yapılmış ve ortalamaları alınmıştır (Şekil 1, 2). Tüm deneylerde W/C oranı 0.54 olarak alınmıştır.

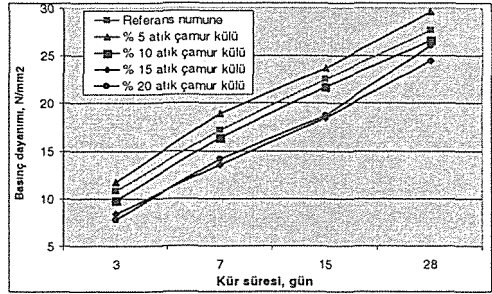
Arıtma çamuru kül numuneleri küllerinin pH değeri 10.9 ila 12.0 arasında değiştiği görülmüş ve ortalama değer ise 11.45 olarak çıkmıştır. Özgül ağırlıkları 2.2-2.67 arasında olup Portland çimentonunkinden 3.2 daha düşük değerdedir. Bu da %15 - 20 arasında bir değer kadar olmaktadır.

4 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

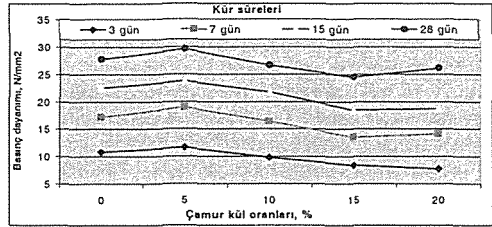
- Atık çamur külü ile üretilen betonların dayanımları ile onsuз üretilen beton dayanımları biri birine yakındır. Atık çamur külü kullanılarak hazırlanan numunelerin basınçları birbirine çok yakın ve %20 oranlı katkı ile hazırlanan numunelerin 28 günlük basınçları ise büyük oranda birbirlerine yakındır.
- Atık çamur külü kullanılan betonların ileri kür sürelerinde kullanılmadan hazırlanan betonların basınç dayanımlarına yakın olduğu görülmüştür. Bu tür küllerin katı atık deposuna göndermek yerine değerlendirilmesinin ayrıca çevresel ve ekonomik boyutu oldukça yüksektir.
- Bu şekilde atık su arıtma tesisi çamur küllerinin madencilikte kullanımı öngörülebilir. Ayrıca bu beton numunelerinin geçirgenliğinde iyileşme var olup olmadığı, su absorpsiyonu, sertleşmiş betonun birim ağırlığının değişip değişmediği ve permeabiliteleri test edilmelidir. bu tür atık çamur külleri taşıyıcılığı fazla olmayan tuğla yapımında kullanılabilir.

Tablo 4. Kür sürelerine göre numunelerden elde edilen basınç dayanım değerleri

Atık çamur külü ilavesi, %	Kür süresi(Gün)			
	3	7	15	28
	Basınç Dayanımı (N/mm ²)			
0	10.8	17.2	22.5	27.7
5	11.7	18.9	23.7	29.6
10	9.8	16.4	21.7	26.6
15	8.4	13.5	18.4	24.5
20	7.8	14.1	18.7	26.1



Şekil 1. Değişik oranlarda atık çamur külü kullanılarak kür sürelerine bağlı beton basınç dayanımları



Şekil 2. Atık çamur külü oranı ile basınç dayanımı değişimi.

KAYNAKLAR

- Abdul G. Liew, Calvin H.K. Wong, Abdul A.Samad, Megat Johari M.M. Noor, Aminuddin M.Baki, 2004. Incorporation of Sewage Sludge in Clay Brick and its Characterization, Waste Management&research, Vol.22, No.4, 226-233.
- Antioshos, S., Maganari, K., Tsimas, S., 2004. Evaluation of blend of high and low calcium fly ashes for use as supplementary cementing materials, Cement and Concrete Composites,
- Gülay, M., 2002. İçme suyu arıtma tesislerinden çıkan çamur atıkların değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, FBE, K.T.Ü.
- John V.M. and Zordan S.E., Research&Development methodology for recycling residues as bulding materials-a proposal, Waste Management, Volume 21, Issue 3, June 2001, Pages 213-219.
- Liew, A., İdris, A., Samad, A. A., Wong, C.H.K., Jaafar,S., Baki, A.M., Reusability of sewage sludge in clay bricks, Journal of Material Cycles and Waste Management, March 2004, pages 41-47.
- Monzo, J., Paya, J., Borrachero, M.V., and Girbes I.; Reuse of sewage sludge ashes (SSA) in cement mixtures: the effect of SSA on the workability of cement mortars, Waste Management, Vol. 23, Issue 4, June 2003, Pages 373-381.
- Tay, J., Show, K., Hong, S.; Congrete Aggregates Made from Sludge-Marine Clay Mixes, 2002, ASCE.
- Valls S.,Yagüe A., Vazquez E., Mariscal C., Physical and mechanical properties of concrete with added dry sludge from a sewage treatment plant, Cement and Concrete Research, v. 34, Issue 12, December 2004, p. 2203-2208.



Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisleri Çamur Atıklarının Değerlendirme Yollarının Araştırılması

O. Üçüncü & Z. Angın

KTÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü 61080 Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Trabzon kenti içme suyu arıtma tesisinde (ATASU) yüzeysel olarak Değirmen dereeden bir regülatör yardımıyla alınan suyun arıtılma işlemi sonucunda atık çamur olarak oluşan jelimsi içme suyu arıtma çamurunun (TİAT) kimyasal yapısı araştırılmıştır. Kimyasal analizler hem klasik hem de Atomik Absorpsiyon yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Tarımsal açıdan mahsurunun olup olmadığı petri deneyleri yapılarak araştırılmıştır. Araştırma sonucunda atık çamurun ana bileşeni $Al(OH)_3$ olup zaman içinde suyunu kaybederek okside dönüşmekte ve taşlaşmaktadır. Petri deneylerine bakılırsa atık çamur içinde çimlenme olabilmekte ancak kontrol grupları ile karşılaştırıldığında çimlenme süresinin uzadığı kök ve yaprak boyunun uzadığı görülmektedir. Bu atık çamurun çevreye kirletici etkisi olmadığı gibi pek bitki dostu da olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca $Al(OH)_3$ jelinin çökmesini hızlandırmak amacıyla ilave edilen polielektrolitin (PE) çimlenmeye etkisi olmadığı gibi yararlı olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır. İçme suyu arıtma tesisinde arıtma için kullanılan en pahalı kimyasal $Al_2(SO_4)_3$ için harcadığından dolayı, yüksek %de Al bulunduran bu atık çamurdan yeniden $Al_2(SO_4)_3$ eldesi araştırılmalıdır. Ayrıca bu malzemenin madencilikte macun dolgu olarak kullanılabilir olduğudur.

ABSTRACT: In this study, the chemical and mineralogical composition of the sludge produced by the drinking water treatment operation at Trabzon Drinking Water Treatment Plant were investigated. Chemical analyses has been done both standart chemical and Atomic Adsorption Spectrometer methods. The adverse effect on the plant growth has been investigated by using Petri tests. It has been found that the main component of this sludge is $Al(OH)_3$. The better growth of the seed cultivated using the supernatant portion of the sludge sample was observed. The findings in showed that the waste sludge have no adverse effect on the environment. Recycling of the expensive chemical $Al_2(SO_4)_3$ has been investigated. The using of the waste sludge is a suitable material for filling in mining works.

1 GİRİŞ

Bu çalışmada, Trabzon içme suyu arıtma tesisinden (ATASU) içme suyu eldesi sonucu açığa çıkan ve depo edilmeyen içmesuyu arıtma tesisi çamurunu çimento boyutunda öğütülerek puzolanik malzeme olarak kullanılabilirliği imkânları araştırılmıştır. Çıkan atığın ağırlık %5, %15, %30, ve %50 oranlarında PÇ 42.5 (Portland 42 Çimento) ile karıştırılmıştır. Ayrıca bu karışımlara karşılık PÇ 42.5 çimentosu referans olarak alınmıştır (Tablo 1). Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve basınç dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak % 15 oranında bir karışımın PÇ 42.5 çimentosunda en iyi neticeyi verdiği görülmüştür.

Trabzon içme suyu arıtma tesisinde Değirmendere'den yüzeysel olarak alınan su çeşitli proseslerden geçirilerek içme suyu kalitesinde

arıtılarak Trabzon ili ve çevre ilçelere dağıtılmaktadır. Değirmendere'deki yüzeysel ham suyun kalitesine göre çeşitli miktarlarda içme suyu arıtma tesisi çamurları oluşmaktadır.

Arıtma çamurları yüksek miktarlarda alüminyum oksit (Al_2O_3), silisyum oksit (SiO_2) ve demir oksit (Fe_2O_3) ihtiva etmektedir. Bu malzeme kendi başına az miktarda puzolanik özellik göstermekte, kendi başına bağlayıcılığı azdır. Fakat çok ince öğütülmüş bir halde iken bağlayıcılık kazanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, içme suyu arıtma tesisi çamuru puzolanik özellik gösterdiği ve bu özelliğin kullanılmasıyla da geri dönüşümü olan bu ürünlerin çimento katkı malzemesi olarak kullanımıyla enerjinin, suyun, çevre temizliğinin ve CO_2 emisyonunun etkilerinin azalacağı doğrudur. Bununla da endüstriyel atıkların çimento üretiminde katkı olarak kullanılmasıyla daha çevreci üretimler yapılabilir.

Yapılan çalışmanın amacı, Trabzon İçme suyu Arıtma tesisinden kaynaklanan ve bu atığın Değirmendere'ye verilmesini önlemek, endüstriyel atığın yararlı kalitesini ortaya koymak yolunda katkı üretme maksadıyla, çimento katkı malzemesi olarak kullanımının araştırılmasıdır.

Çevre problemlerinin giderek ağırlaştığı günümüzde hem bilimsel araştırmalarda hem de mühendislik araştırmalarında çevre problemlerine daha çok yer verilmesi gerektiğini bugün artık bilmeyen kalmamıştır. Artan dünya nüfusu ve insanların gereksinimleri üretimin yıldan yıla fazla

olmasını gerektirmektedir. Artan üretim, atık maddelerin de artmasını ortaya çıkardığı için tüm atıklar için zamanında önlemler alınmalıdır. Bu düşünce ışığında ortaya çıkan çalışmada şehir içme suyu arıtma tesislerindeki proseslerden çıkan kullanma suyunu duru hale getirmek için yapılan işlem sonunda atık olarak ele geçen jelimsi arıtma çamurunun kimyasal yapısı araştırılmış ve bu malzemenin çimentoya ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği ve ayrıca tarımsal açıdan mahsurunun olup olmadığının petri deneyleri yardımıyla kısa bir araştırılması yapılmıştır.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik özellikleri

Çimento Tipi		PÇ 42.5 (1)	PÇ 42.5 (2)	TS 19/1984 sınırları
Fiziksel Özellikleri	Özgül ağırlık, g/cm ³	3.13	3.03	
	İncelik			
	200µ elekte kalan %	0.00	0.00	
	90 µ elekte kalan %	0.40	0.80	
	Özgül yüzey (Blaine), cm ² /g	4788	3186	
Priz süresi (Vicat) :				
Başlama. Saat: dakika		2:00	2:36	
Sona erme. Saat: dakika		3:15	3:50	
Kimyasal Bileşim (%)	Magnezyum oksit (MgO)	2.00	1.23	<5
	Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	6.57	4.86	
	Silisyum dioksit (SiO ₂)	21.56	20.44	
	Kalsiyum oksit (CaO)	61.28	63.26	
	Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	3.00	3.62	
	Kükürt trioksit (SO ₃)	3.19	2.30	
	Potasyum oksit (K ₂ O)	0.69		<3.5
	Sodyum oksit (Na ₂ O)	0.27		
	Kızdırma kaybı	1.23	2.19	
	Serbest kireç (CaO)	1.18	1.52	<4
Çözünmeyen kalıntı	0.51	0.84	<1.5	
Mekanik Özellikleri	Eğilme dayanımı. MPa			
	2 Gün	4.4		
	7 Gün	5.6		
	28 Gün	6.9		
	Basınç dayanımı. MPa			
	2 Gün	22.4	21.3	
	7 Gün	32.9	40.4	
28 Gün	47.4	51.3		

Bir sudaki canlı hayatın değişmesi o suyun kirlenmesinin bir göstergesidir. Kirli su, kullanım amacına uygun olmayan sudur. İçilebilir su birçok iyon içerebilir. Ancak içilebilir sulardaki konsantrasyonları 50 kadar düşüktür. Başlıca Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺², SO₄⁻², SiO₃⁻², CO₃⁻², HCO₃⁻, Cl⁻ dir. Suyun arıtılması suyun kullanım amacına ve bağlı olduğu kaynağa göre belirlenir (Gülay ve Üçüncü, 2002). Su saflaştırma ve atıksu problemi, şehirleşmenin önde gelen problemleri arasındadır. Çözüm için; atık suların tekrar kullanılması, kirlenmenin kontrolü, giderleri azaltmak için kaynağından bazı yan

ürünlerin kazanılması, kirlenmeyi minimum düzeyde tutmak veya nötralizasyon giderlerinden kazanç sağlamak için, atıkların küçük yapay göllerde toplanması gibi birkaç prensip ortaya atılabilir (Gülay ve Üçüncü, 2002).

Trabzon kenti içme suyu arıtma tesisi (ATASU) Maçka/Esiroğlu mevkiinde bulunan ve suyu yüzeysel olarak Değirmendere'den alan bu tesis günde 100.000-150.000m³ içme suyu arıtımı yapılmakta ve gelecekte aynı tesise paralel bir tesis daha yapılarak bu miktar iki katına çıkarılacaktır. Bu arıtma sonucu ortaya çıkan arıtma çamuru tesis sahasında

biriktirilmemekte ve doğrudan Değirmendere'ye verilmektedir. Tesisten mevsimsel olarak alınan arıtma çamurlarının kimyasal içeriğine bakılmıştır. Bu çalışmada, Trabzon (ATASU) içme suyu arıtma tesislerinde suyun arıtılma işlemi sonucunda atık olarak ele geçen jelimsi çamurun kimyasal yapısı araştırılmıştır. Kimyasal analizler hem klasik hem de Atomik Absorbsiyon Spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Tarımsal açıdan mahsurunun olup olmadığı petri deneyleri yapılarak ortaya konmuştur. Atık çamurun değerlendirilmesi ve çimlenmede test edilmiştir. Bu amaçla çimlenme olasılığı yüksek mısır vb tohumları ile çimlenme yapılmıştır. Ayrıca polielektrolitin çimlenme oranına etkisi de incelenmiştir.

2 ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Çamurun yapısında analiz sonucu Al, Mg, Ca, Fe, K, Na, $(SiO_2)_n$, PO_4^{3-} , NO_3^- , SO_4^{2-} ve az miktarda organik azot ve polielektrolit (PE) bulunmuştur. Atık çamurun ana bileşeni $Al(OH)_3$ olup zaman içinde suyunu kaybederek okside dönüşmekte ve taşlaşmaktadır. Atık çamurun bileşiminin günden güne değiştiği rezervuardaki yağış durumu, rüzgar gibi faktörlerden etkilendiği muhakkaktır. Örneğin ani sağanaklardan sonra rezervuardaki suda koloidal haldeki maddelerin konsantrasyonu artmakta, arıtma tesisine kadar bu durum devam etmekte ve doğal olarak atık çamurdaki silis miktarı artmaktadır. Her şeye rağmen genel bileşimin $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ ve $(SiO_2)_n$ ve CaO olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Malzeme Özellikleri ve Kimyasal Kompozisyonlar

	Çimentoda (%)	Uçucu külde (%)	İçmesuyu Arıtma Tesisi çamuru (%)	TS 639 sınırları
SiO ₂	20.77	50.20	45.2	
Al ₂ O ₃	4.93	28.59	20.03	
Fe ₂ O ₃	3.06	13.17	5.93	70
CaO	63.28	2.55	3.52	
MgO	2.42	1.28	2.65	<5
SO ₃	3.02	0.57	0.21	<5
K ₂ O	0.70	2.39	1.72	
Na ₂ O	0.28	0.98	1.42	
Kızdırma kaybı	0.81	2.85	18.5	<10
Özg. Ağ. (gr/cm ³)	3.15	2.4	2.45	
İncelik 90 µm	-	8.5	3.34	
200 µm			1.60	
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3500		3675	
Cr ₂ O ₃			0.005	
MnO			0.18	
TiO ₂			0.52	
P ₂ O ₅			0.26	
Zr, Y, Nb, Sc, Ba, Ni, Sr			10/408 ppm	

Tablo 2'de verilen İçme suyu Arıtma Tesisi çamuru (%)'lerinin kimyasal bileşimlerine bakılırsa, bu cins ve bileşimdeki çamurların bağlayıcı, puzlonik özelliğe sahip olduğu test edilmiştir. Ayrıca bu çamurun çeşitli zeminlere katılarak basınç deneyleri yapılmış ve zemin mukavemetlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan karışımlar Tablo 3'de verilmektedir. Karışımlarda kullanılan arıtma çamuru başlangıçta kuru ve nem oranı % 42 civarında olmuştur. Öğütme süresi ise yaklaşık 8 dakika olmuştur.

Tablo 3. Kullanılan karışım miktarları

Karışım No	Çamur (%)	Çamur (gr)	Çimento (gr)	PÇ 42.5
K0	PÇ 42.5	PÇ 42.5	PÇ 42.5	Bütün numunelerde TS 819'da belirtilen özelliklerde hazırlanmış ve standart kumu kullanılmıştır.
K1	5	22.5	427.5	
K2	15	67.5	382.5	
K3	30	135.0	315.0	
K4	50	225.0	225.0	

2.1 Basınç Dayanım Özellikleri

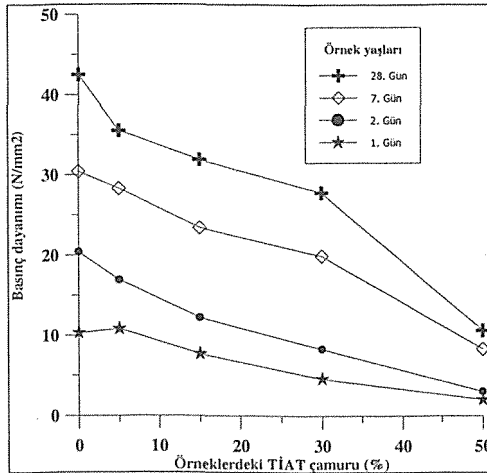
PÇ 42.5 ve arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinin basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 4 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Portland ve arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinin kimyasal, fiziksel ve basınç dayanımı deneylerinin sonuçlarında:

- Arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinin PÇ 42.5 örneklerinden daha fazla Fe_2O_3 içeriğine sahip olduğu, arıtma çamuru katkı miktarı arttıkça Fe_2O_3 miktarının arttığı,
- PÇAÇ 30 ve PÇAÇ 50 örneklerinin kıvam suyu değerlerinin PÇ 42.5 örneklerine çok yakın olduğu, arıtma çamuru katkı miktarının artması ile kıvam suyunun arttığı görülmüş ve PÇAÇ 5'de en az olduğu,

Tablo 4. PÇ 42 Çimentosu ve arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinin dayanım özellikleri

Örnek grup	Basınç dayanımı (N/mm ²)					
	No	Kodu	1. Gün	2. Gün	7.Gün	28. Gün
1	PÇ 42.5		10.3	20.4	30.4	42.5
2	PÇAÇ 5		10.8	16.9	28.3	35.5
3	PÇAÇ 15		7.7	12.2	23.4	31.9
4	PÇAÇ 30		4.6	8.3	19.9	27.8
5	PÇAÇ 50		1.5	3.0	8.3	10.6



Şekil 1. Portland ve TIAT ile katkıli çimento örnekleri basınç dayanımı değerlerinin örnek yaşına göre dağılımı.

- Arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinde priz süreleri PÇ 42.5 den daha uzun priz başlangıcı ve sona erme sürelerine sahip olduğu, atık çamuru katkı miktarının artmasıyla priz sürelerinin uzadığı ve PÇAÇ 30'dan sonra düşme gösterdiği,

Analizde kullanılan atık çamurun şişen zeminlerin stabilizasyonu içinde kullanılmış ve atık çamurun katkı oranı arttıkça şişme basıncının azaldığı belirlenmiştir (Angin, 2004). Atık çamur değişik oranlarda kohezyonlu zemine katılarak geçirimsizlik analizleri yapılmış ve yaklaşık %15 oranında atık çamurun katılması durumunda geçirimsizliğinin azaldığı belirlenmiştir (Angin ve Üçüncü, 2004).

Atık çamur özellikleri Tablo 5'de klasik metotla ve aletli analiz yöntemiyle yapılarak karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Buna göre $Al(OH)_3$ oranı % 81.871 bulunmuştur.

- Arıtma çamuru katkıli çimento örneklerindeki hacim genişlemesi PÇAÇ 5'den sonra artmaya başlamış, PÇAÇ 30'den sonrada düşme göstermiş ve PÇAÇ 15 ve PÇAÇ 30 değerleri PÇ 42.5 ile aşağı yukarı aynı değerlere sahip olduğu,
- AÇÇ 5, AÇÇ 15, AÇÇ 30 ve AÇÇ 50 örneklerinin % 1.9, % 4.9, % 7.7 ve % 1.0 olan 90 µm elek üstünde kalan değerlerinin % 1.78 olan PÇ 42.5 örneklerinin değerlerine daha yakın, bazılarında daha büyük olduğu, AÇÇ katkıli örneklerinde AÇ katkı miktarı arttıkça elekler üzerinde kalan tane miktarlarının arttığı görülmüştür.
- PÇAÇ 5 ve PÇAÇ 15 örneklerinin basınç dayanım değerlerinin 1., 2., 7., ve 28. günlerde PÇ 42.5 değerlerine yakın olduğu görülmüştür. Diğer taraftan arıtma çamuru katkıli çimento örneklerinin içerisinde en uygun arıtma çamuru katkı oranı % 15 olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).

3 SONUÇLAR

Bu malzemenin doğrudan betonlarda veya harca katılması yerine çimento üretiminde kullanılması ve çamurun bir puzolonik özelliğinin var olduğu gözlenmiş ve yapılan deneyler ile test edilmiştir. Bu atık çamurlarının yeraltı maden ocaklarında cevher üretimi sonunda meydana gelen büyük boşluklara verilebilir bir malzemedir. Bu malzemenin toprak ile karıştırıldığı zaman da zemin mukavemetlerinin arttığı tespit edilmiştir. Katkı oranı arttıkça zeminin boşluk oranı ve konsolidasyon katsayısı artmakta, hacimsel sıkışma katsayısı ise azalmaktadır.

Katkı oranı arttıkça geçirimsizlik katsayıları azalmaktadır. Katkıli zeminin bu özelliği bu karışımın atık çöp depo alanlarında sızdırmaz tabakanın oluşturulmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 5. Atık çamur bileşeni

Bileşen	Klasik Metotla Yapılan		Aletli Analizle Yapılan		Ortalama Sonuçlar, %
	Analiz Sonuçları, %		Analiz Sonuçları, %		
Su yüzdesi			98		
	1.deney	2.deney	1.deney	2.deney	
Al(OH) ₃	Al: 17,34 ± 0,02.10 ⁻²	Al: 28,34 ± 0,02.10 ⁻²	Al: 18,75 ± 0,01.10 ⁻³	Al: 29,75 ± 0,01.10 ⁻³	81,871
Fe(OH) ₃	Fe: 2,36 ± 0,33.10 ⁻²	Fe: 3,04 ± 0,01.10 ⁻²	Fe: 2,02 ± 0,01.10 ⁻³	Fe: 2,69 ± 0,01.10 ⁻³	5,815
CaO + MgO	0,05 ± 0,01.10 ⁻³	0,11 ± 0,02.10 ⁻³	Ca: 0,06 ± 0,01.10 ⁻⁴ Mg: 1,07.10 ⁻³ ± 0,01.10 ⁻⁵	Ca: 0,11 ± 0,01.10 ⁻⁴ Mg: 1,48.10 ⁻³ ± 0,01.10 ⁻⁵	0,112
P ₂ O ₅	0,03 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,04 ± 0,01.10 ⁻⁴	-	-	0,035
Cr	-	-	-	-	-
SO ₄ ²⁻	0,86 ± 0,12.10 ⁻³	0,89 ± 0,15.10 ⁻³	-	-	0,888
NO ₃ ⁻	-	-	9,51.10 ⁻³ ± 0,01.10 ⁻⁵	9,51.10 ⁻³ ± 0,01.10 ⁻⁵	0,009
Organik Azot	0,17 ± 0,05.10 ⁻⁴	0,17 ± 0,05.10 ⁻⁴	-	-	0,172
Mn	-	-	0,01 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,03 ± 0,01.10 ⁻⁴	-
Pb	-	-	3,37.10 ⁻⁴ ± 0,01.10 ⁻⁶	2,01.10 ⁻⁴ ± 0,01.10 ⁻⁶	-
Polielektrolit	0,01	0,02	-	-	0,019
Na	-	-	0,09 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,05 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,048
K	-	-	0,04 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,05 ± 0,01.10 ⁻⁴	0,059
(SiO ₂) _n	32,96	10,04	-	-	10,040
Toplam					99,068

KAYNAKLAR

- Angin, Z., Üçüncü, O., 2004. "Atık Çamur ile Stabilize Olan Killerde Geçirimsizlik ve Konsolidasyon Analizi" *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi*, İstanbul, sayfa 189-198.
- Angin, Z., 2004. "The Reduction of Swelling Pressure of Expansive Clays with Drinking Water Treatment Waste Sludge", *Advances in Civil Engineering*, 6th International

Congress, Vol. IV, İstanbul, Turkey, October 6-8, pp:1458-1466.

- Gülay, M., 2002. İçme suyu arıtma tesislerinden çıkan çamur atıkların değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, K.T.Ü.
- Üçüncü, O., Gülay, M., 2003. İçme suyu arıtma tesisi alümin çamurlarının puzolanik malzeme olarak kullanımı üzerine bir araştırma, *YTÜD*, 4, s. 31-40.



Orman Yolu İnşaatlarında Kaya Patlatmalarının Çevresel Etkisinin İrdelenmesi

S. Çağlar & H.H. Acar

K.T.Ü, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

A. Kesimal

K.T.Ü, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

ÖZET: Arazi ve doğa şartlarının çok zor olduğu dağlık alanlarda, ormancılık faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi ve optimal düzeyde faydalanma ancak orman yolu, ulaşım-taşıma sistemlerinin varlığı ile gerçekleşebilir. Bu nedenle orman alanlarını işletmeye açacak olan orman yol şebekelerinin planlanması, inşası ve bakımı büyük önem taşımaktadır. Çünkü, diğer ormancılık çalışmalarına da temel teşkil eden orman yol şebekelerinin planlanması ve yapımı, teknik ve ekonomik problemlerin yanı sıra pek çok çevresel veya ekolojik problemleri de beraberinde getirir. Bu çalışmada, ülkemizde geleneksel yol yapım yöntemleri ile yol güzergâhına rastlayan kaya kütlelerinin geçilmesinde kullanılan ilkel kaya patlatma tekniğinin çevre ve meşcere üzerine olan etkileri irdelenerek, ormana en az zarar verecek kaya patlatma konusu incelenmiştir. Yine dağlık ve kayalık arazi yayılış gösteren ve kendine özgü ekolojik dengesi bulunan ormanlarda yapılacak yol güzergâhına rastlayan kayaların patlatılmasında delme ve patlatma dizaynı ile çevresel etkilerin azaltılabileceği olanakları irdelenmiştir.

ABSTRACT: In order to do the forestry operations and optimal benefit from forests in mountainous areas, where it has difficult conditions of ground and nature, the arrival and transportation systems are needed. Because of this reason forest road planning, construction and maintenance are very important. Because, forest roads, as a constitutive for other forest activity, the planning and construction works have some technical and economical problems as well as a lot of environmental or ecological problems. In this study, the least harmful rock blasting designs were discussed by studying the traditional forest road construction technique which is being used the primitive rock blasting methods to pass the rock on the road route and were evaluated to reduce their effects on environment and forest stands in Turkey. In addition to this drilling and blasting designs and the possibility of environmental sensitive blasting methods were investigated to reduce the environmental effects on forests that spread on mountainous and rocky areas and those for having a special ecological balance.

1 GİRİŞ

Orman ekosistemleri yeryüzündeki sistemlerin en karışık ve ilgi çekici olanıdır. Sistemde orman kaynakları diye bilinen; toprak, meralar, orman içi sular, rekreasyon alanları, yaban hayvanları, bitkiler, yer altı mineralleri gibi diğer öğeler de yer almaktadır. Orman ekosistemlerinin herhangi bir noktasına yapılacak olası bir müdahale tüm sistemde etkisini göstermektedir. Müdahalelerle ortaya çıkan olaylar zincirinin olumlu ve olumsuz etkileri, başta orman ekosistemi olmak üzere havzadaki tüm kaynakları etkileyebilmektedir. Bu nedenle ekosistemi oluşturan elemanlar arasındaki doğal dengenin korunması, orman kaynaklarının varlığının ve dolayısıyla faydalanmanın sürekliliği açısından zorunludur (OÖİKR, 2001).

Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de ormanlardan yoğun şekilde ve çok yönlü olarak faydalanma sağlanmış ve teknolojinin gelişimi ile birlikte orman varlığı tehdit edilerek, faydalanmanın boyutları da ağırlaşarak değiştirilmiştir. Bu süreçte, özellikle odun hammaddesinden maksimum düzeyde yararlanma esasına dayanan düzensiz faydalanmalar sonucunda, ormanlık alanlar ulaşılması güç sarp ve dağlık alanlara doğru çekilmiştir.

Ormanlarımızın tekniğine uygun olarak işletilmesi, geliştirilmesi, korunması ve bakımı gibi ormancılık faaliyetlerinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için öncelikle mevcut orman alanlarına ulaşmak gerekir. Bu nedenle bu alanları işletmeye açacak olan orman yol şebekelerinin planlanması, yapımı ve bakımı büyük önem taşımaktadır. Çünkü, diğer ormancılık çalışmalarına

da temel teşkil eden orman yol şebekelerinin planlanması ve yapımı, teknik ve ekonomik problemlerin yanı sıra ekolojik problemleri de yanında getirmektedir (Acar ve Şentürk, 1996).

Orman amenajman planlarına göre ülkemizin genel ormanlık alanı 20,7 milyon hektardır. Bu miktar, ülkemizin genel alanının %26,6'sını oluşturmaktadır. Genel ormanlık alanın, 10 547 987 hektarı yani % 51'i verimli, geri kalan % 49 oranındaki alanlar ise verimsiz nitelikteki ormanlardır (OGM, 2004).

Ülkemizin tüm ormanlık alanı için toplam yol ihtiyacı 201 810 km olarak hesaplanmıştır. Genellikle orman içerisinde inşa edilmiş yaklaşık olarak 140 000 km orman yolu mevcuttur. Bu miktara ilave olarak her yıl ortalama 1000 km orman yolu inşa edileceği belirtilmektedir (OÖİKR 2001, OGM 2004). Hedeflenen toplam orman yolu miktarına ulaşıldığında, yol yoğunluğu 20 m/ha olacaktır. Avrupa ülkelerinde ortalama yol yoğunluğunun 30 m/ha ve yüksek yol standartları dikkate alınırsa yapılacak daha çok orman yolu işi ortaya çıkmaktadır. Bu bakımdan önümüzdeki yıllarda en az 60 000 km daha yeni yol inşa edilerek mevcut yollarda da büyük onarım yapılacaktır.

Orman yolları sadece ormancılık faaliyetleri için gerekli olmayıp, orman içi ve bitişiğindeki orman köylerinin ulaşımı, halkın rekreasyonel amaçlı dinlenme isteklerinin karşılanmasından, ülke savunmasına kadar yol ihtiyacının ortaya çıktığı her koşulda gereklidir. Bu nedenle yapılacak yollar geçici bir tesis olarak düşünülmeyp tekniğine uygun ve üstleneceği görevi en iyi şekilde gerçekleştirecek şekilde yapılmalıdır. Bu noktada, yol yapımı nedeniyle oluşacak görüntü kirliliğinden başka, yapım alanı ve çevresi üzerinde oluşacak her türlü çevresel etkinin değerlendirilerek teknik, ekonomik ve çevresel boyutta ele alınması kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Orman yolları yapılırken teknik, ekonomik ve çevresel hassasiyetler ile yol inşaatı işlerinin orman yaban hayatını etkileyeceği göz ardı edilmemelidir. Bu konuda McKelvey ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, insanoğlunun yol gibi yapıları yaparak yaban hayatı habitat alanlarının azaltmasının yanı sıra bu habitatlar arasındaki bağı kopararak nesli tükenmekle tehdit altında olan küçük popülasyonlar için ciddi bir şekilde yıkıcı olduğu belirtilmektedir (McKelvey et al. 2002).

Birleşik Devletler Balık ve Yaban Hayatı Kurumu (USFWS) tarafından yapılmış bir başka çalışmada ise, habitat yıkımına ve habitatlar arası bağın kaybolmasına neden olan başlıca etmenlerden birisinin dünyada bir uçtan bir uca uzanan yollar olduğu belirtilerek Kuzey Amerika'ya özgü gri ayı popülasyonlarının bugünkü durumunun bununla ilgili olduğu vurgulanmaktadır (USFWS, 1993).

2 ORMAN YOLU YAPIMI VE KAYA PATLATMADA KULLANILAN PATLAYICI MADDELER

2.1 Orman Yolu Yapımı

Ülkemizde uygulamada orman yolu yapımı 202 sayılı tebliğ ve buna ek olarak bazı yönetmeliklere göre yapılmaktadır. Buna göre orman yolları bir yılda üzerinden taşınacak ürün miktarı ve yolun yapılış amaçları dikkate alınarak, ana orman yolları ve tali orman yolları (A ve B tipi) olarak iki ana gruba ayrılırlar (OGM, 1984). Genel olarak bakıldığında orman yolları yapımında alt yapı çalışmaları; yapı alanının temizlenmesi, (ağaçların kesilmesi, bitkisel toprağın korunması ve kütüklerin çıkarılması), patlayıcı maddeler ile kayaların parçalanması ve toprak düzlemesi işlerinden oluşmaktadır.

Orman yolu yapımında, ihale edilen yollara ilişkin kazı işlemleri ve iş güçlüğü için kişisel tecrübeye dayalı arazi keşfi ile zemin etüdü yapılmakta ve bu şekilde inşaatına başlanan yolda yol yapımı sırasında ortaya çıkan kazılması güç kayaların patlatılması ile maliyetler artmakta ve müşkülât zammını gündeme getirmektedir (Acar vd, 2005-a).

Türkiye'de orman yolu yapımında maliyetleri azaltmayı gözeterek ekonomik amaçların öncelikli olmasından dolayı geleneksel olarak buldozerler veya yandan kazı metoduyla çalışan angledozerlerden yararlanılmaktadır. Son zamanlarda ise hidrolik ekskavatörlerin çevreyi koruyucu özelliklerinden dolayı, orman yolu yapımındaki önemi giderek artmaktadır. Yine kayalık arazide de dozerlerin yerine ekskavatörlerin kullanılması benimsenmiştir (Acar vd, 2003). Hem dozer hem de ekskavatörler tarafından kazılabilen toprak, küskülük ile yumuşak kayalık zeminlerde yol yapım maliyeti sert kayalık zeminlere göre daha az olmaktadır (Acar vd, 2005-a).

Orman yolu yapımına maliyetler açısından bakıldığında ise; Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2006 yılı yatırım programına göre 50 km. yeni yol için ortalama 600 bin YTL harcanacağı belirtilmektedir (OGM, 2006). Buna göre, 1 km yeni yol yapımının ortalama maliyeti 12 000 YTL olmaktadır.

Bu yatırım programına göre, yol yapımının en pahalı olduğu bölge ise dağlık Doğu Karadeniz Bölgesidir. Bu bölgede 1 km orman yolu yapım maliyeti, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü (OBM)'nde 23 bin YTL, Giresun OBM'nde 24 bin YTL olurken, Trabzon OBM'nde ise 20 bin YTL olmaktadır. Dağlık ve sarp bir arazi yapısına sahip olan Doğu Karadeniz Bölgesinde zemin ve arazi koşullarına göre yer yer 1 km yol yapım maliyeti 30 000 YTL/km olabilmektedir. Bu nedenle masrafları azaltmaya ve çevreyi korumaya yönelik ekipman

seçiminde bu yörelere öncelik verilmelidir. Bu amaçla günümüzde uygulanmakta olan orman yolu yapımının teknik, ekonomik ve çevresel açıdan geniş boyutlu olarak ele alınması ülke ormanları ve geleceği için bir zorunluluktur.

Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesi gibi sarp ve dağlık arazi olarak nitelenen alanlarda kayalık alanlar da yoğun olarak bulunmaktadır. Bu kayalık arazide yol yapımı diğer alanlara göre oldukça güç ve pahalı olmakta ve hem maliyetler hem de çevresel açıdan kayaların geçilmesine ilişkin özel yapım teknikleri gerektirmektedir (Acar vd, 2005-b). Özellikle kaya patlatma işlerinin gerçekleştirileceği alanlarda, orman ekosistemi ile dikili servet olan ağaçlara verilen zararları en aza indirecek patlatma teknikleri ortaya konulmalıdır.

2.2 Kaya Patlatmada Kullanılan Patlayıcı Maddeler

Genel olarak patlayıcı madde; ısı, darbe veya sürtünme sonucu çevreden herhangi bir elemanın kimyasal katkısı olmadan çok hızlı bir reaksiyona giren, genellikle gaz ürünleri veren organik veya inorganik bileşimler olarak tanımlanmaktadır (MKE, 2005).

Patlayıcı maddeler arazi koşullarında gösterdiği performansla bağlı çeşitli özellikler ile karakterize edilirler. Patlayıcı maddenin doğru seçimi patlatma tasarımının en önemli kısımlarından biridir. Bu seçimde göz önüne alınması gereken en önemli özellikler; patlayıcı maddenin yoğunluğu, infilak hızı, infilak basıncı, infilak stabilitesi, duyarlılığı, gücü, suya dayanıklılığı, duman ve gaz yoğunluğu, sıcaklık etkilenmesi, depolama ömrüdür (MKE, 2005).

Orman yolları yapımında kayaların parçalanması amacıyla kullanılan patlayıcı madde seçiminde; çevresel açıdan değerlendirildiğinde iticilikten çok kırıcılık özellikleri yüksek olan patlayıcı maddeler tercih edilmelidir (OGM, 1984). Türkiye’de orman yolları yapımında kullanılan patlayıcı maddeler Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKE) tarafından üretilmektedir. Bunlar GOM dinamitleri, Jelatine dinamitleri ve Antigrizu dinamitleridir.

a) GOM dinamitler: Gom I ve Gom II dinamitleri darbe ve sürtünmeye karşı hassas, suya dirençli olup, kırıcılığı yüksektir. Islak yerlerde, su altında, çok sert kayaların küçük parçalar haline getirilmesinde ve blok atışları alt kademelerinde kullanılmaktadır. Amonyum Nitrat-Fuel Oil (ANFO)’nun yemlenmesinde primer olarak kullanılması yanında, maden ve taş ocaklarında kanal ve hendek patlatmalarında da kullanılmaktadır (MKE 2005, OGM 1984).

b) Jelatinit dinamitler: Hızı oldukça yüksek olan jelatinit dinamitler, ANFO’nun etkin bir şekilde ateşlenmesi için kullanılmaktadırlar. Suya dirençleri zayıf, iticilik gücü fazladır. Yol yapımı gibi genel amaçlı patlatmalarda ve taş ocaklarında, sert ve orta

sert kayaların küçük bloklar halinde parçalanmasında kullanılırlar (MKE 2005, OGM 1984).

c) Anti-grizu dinamitler: Suya dirençleri zayıf olup genellikle maden kömürü ocaklarında kullanılırlar. Grizu gazı tehlikesi olan yeraltı grizulu, kömür tozlu ocaklarda ve kökürt ocakları ile yumuşak formasyondaki kaya patlatmalarında kullanılmaktadır. (MKE, 2005).

Patlayıcı madde olarak kullanılan barutlar ise yol yapım inşaatlarında kullanılmayıp, meskun mahaller civarındaki tahrip işlerinde, büyük parçalar halinde çıkarılmak istenen taş ocakları ve benzeri yerlerde kullanılırlar. Yine kayaların parçalanmasında kullanılan Teknik Amonyum Nitrat (TAN) toz halinde olup, donmaz, rutubete karşı hassas ve nitrojenlerin içermemektedir (OGM 1984).

3 KAYA PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL SORUNLAR

Ülkemizde taş ocağı işletmeciliği başta olmak üzere madencilik, boru hattı, şehir altyapı imalatları, otoyol ve benzeri sektörlerde olduğu gibi orman yolları yapımında da kaya kazısının en verimli ve ekonomik yollarından birisi hiç kuşkusuz patlatmalı kaya kazısıdır.

Günümüzde dağlık ve kayalık arazide ormancılık faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için yapılacak olan orman yolu güzergâhına rastlayan kayalık alanların aşılması için çeşitli kaya patlatma teknikleri uygulanmaktadır. Oluşum süreci yıllar alan ve belirli bir ekolojik dengesi bulunan hassas yapıdaki orman alanlarına inşa edilen orman yollarında kontrolsüz ve rasgele patlatma teknikleri ile amaçlanan patlatma verimliliği elde edilemediği gibi teknik, ekonomik ve çevresel zararlar da ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de özellikle dağlık ve kayalık arazideki orman yolu yapımı ve bu aşamada güzergâhta ortaya çıkan kayaların patlatılmasında daha çok kişisel tecrübeler ve yolu yapanların patlatılacak olan kayaya ilişkin bilgileri ile patlatma dizaynı etkili olmuştur (Acar vd., 2005-b). Kayalık arazide kaçınılmaz olan patlatma işleminin daha verimli hale getirilmesi ve çevresel etkisinin en aza indirilmesi için patlatma dizaynının yapılması gerekir. Bu gibi yerlerde toprak derinliğinin az ve tekrar ağaçlandırma olanağının zor olduğu göz önüne alınırsa kontrollü patlatma veya çevreyi koruyucu önlemlerin alınmasının gerektiği daha da önem kazanmaktadır.

Ülkemiz ormanlarında ortalama yamaç eğiminin % 60 olması nedeni ile yapılan yollardan çıkan kazı materyalinin yamaç aşağıya atılması sonucu büyük tahribat olmakta, ayrıca dozer ile inşa edilen yollarda sert zemin kazıları için patlayıcı maddelerin kullanılması da ayrı bir tahrip unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır.

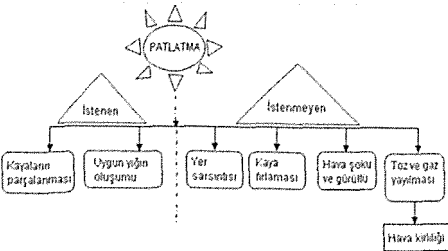
Kayalık arazide inşa edilmekte olan orman yollarının güzergâhına rastlayan kaya partilerinin uzaklaştırılabilmesi için iticilikten çok kırıcılık özelliği yüksek olan patlayıcı maddeler tercih edilmektedir (Acar vd, 1997). Kaya patlatmalarının öncelikli amacı kayayı kazı yapılacak şekilde yerinde kırmak ve ötelenmesini sağlamaktır. Bunun için de kırmayı planladığımız kayanın yapısını bilmek gerekir. Çevresel ve ekonomik açıdan burada hedeflenen, parçalanmanın istenilen ebatlarda olması ve kırılan kaya kütesinin yol inşaat alanı içerisinde kalması sağlayarak çevresel zararı önlemektir.

Ormanlık amaçları için planlanan orman yol ağlarının yapımı dağlık arazide mevcut büyük kaya partilerinin harfiyatını gerektirmektedir. Yol yapımı sırasında güzergâha rastlayan büyük kaya partilerinin uzaklaştırılabilmesi için ve sürdürülebilir ormanlık yönetimi için bu patlatma yöntemlerinin ekonomik ve ekolojik olarak optimizasyonu sonucunda, meşcerede oluşabilecek zararların en aza indirilmesine yönelik en uygun yöntemler belirlenmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Patlayıcı madde kullanılarak kaya patlatmanın kaçınılmaz olduğu sektörlerde ve yine orman yolu yapımında yol güzergâhına rastlayan kaya kütlelerini kırma amacı ile kullanılmalarında ortaya çıkan başlıca çevresel problemler;

- ❖ Yer sarsıntısı,
- ❖ Taş savrulması veya kaya fırlaması,
- ❖ Hava şoku ve gürültü,
- ❖ Toz emisyonu, zehirli gaz ve duman oluşumu şeklindedir (Cihangir vd, 2005).

Bu problemler özellikle kaya patlatmanın kontrolsüz bir şekilde yapıldığı yerlerde oluşmaktadır. Bu çevresel problemler, bazı durumlarda kaya patlatmanın yapıldığı yere yakın mesafelerde ikamet edenler üzerinde korku, şikâyet gibi rahatsızlıklar ile patlatma yakınında yer alan yapı ve tesisler üzerinde yıkıcı etkilere de neden olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Kaya patlatmanın istenen ve istenmeyen etkileri (Reina vd., 2004)

3.1 Yer Sarsıntısı

Herhangi bir kaya ortamı içine yerleştirilen patlayıcı madde ateşlendiğinde, patlatmanın oluşturduğu basınç dalgası elastik titreşim dalgası olarak sonsuz

kaya ortamı içerisinde dağılmaktadır. Patlatma sonucu oluşan dalga hareketi atım kaynağından itibaren konsantrik olarak, özellikle de yeryüzüne doğru yayılırlar. Kaynaktan uzaklaştıkça taşıdığı enerji büyük bir hızla boşalmak suretiyle sismik dalga haline dönüşür ve sönümlenirler. Titreşimler, yakın bölgelerde, mesken, sanayi tesisleri ve diğer yapılarla birlikte kaya yapılarına hasarlar verebilir (Erçiktu, 2003).

Yer sarsıntısının çevresel etkisi daha çok yerleşim yerlerinde şikâyet konusu olmaktadır. Önlemlerin alınmadığı koşullarda kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür. Hava şoku canlılar üzerinde psikolojik rahatsızlıklara neden olmaktadır (Nitromak, 2004). Hem yer sarsıntısı hem de hava şoku orman içinde yaşayan yaban hayatını ve yakın yerlerde oturan orman köylüleri üzerinde önemli derecede olumsuz etkileri olmaktadır.

Özellikle orman yolu yapımı sırasında, patlatma sonucu oluşan yer sarsıntısı heyelan riski olan yerlerde veya akışkan arazilerde toprak kayması ve hareketine neden olmaktadır. Yamaç eğiminin yüksek olduğu dağlık arazide kış aylarında yapılacak orman yolu yapım çalışmalarında, yoğun kar tabakasının harekete geçmesine ve neticede çıkış oluşumuna neden olabilmektedir. Yine kaya patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntısı ve diğer nedenlerle içme suyu kaynakları kirlenmekte ve yerleri değişebilmektedir.

3.2 Kaya Fırlaması (taş savrulması)

Patlayıcı maddenin kaya kütesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütesinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar (Nitromak, 2004). Özellikle aşırı miktarda patlayıcının kullanıldığı patlatmalardan kaynaklanan taş savrulması insanların ölüm ve yaralanmasına, mülklerine hasar vermesine neden olabilmektedir.

Orman yolu güzergâhına rastlayan kaya partilerinin patlatılması sırasında, çevreyi koruyucu yeterli önlemlerin alınmaması durumunda ortaya çıkan diğer bir sorun ise kaya fırlamasıdır. Kaya fırlaması, yol yapım alanında bulunan köprü, sanat yapısı ve diğer yapılar üzerinde etkili olabildiği gibi, dikili ağaçlar kök ve gövdeleri ile fidanlar üzerinde kırma, yaralama, soyma gibi zararlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte, yamaç aşağısında yer alan ve kayaların kapladığı dolduru şevindeki verimli topraklar kullanılamaz hale gelmektedir.

Genel olarak, kayanın patlatılması sonucunda ormanda meydana gelen pek çok çevresel bozulmalar doğrudan kaya fırlamasının bir sonucudur. Bunlar;

- Dikili servet olan ağaçlar, kaya patlatılmasıyla hava şoku veya fırlayan kaya tarafından zarar görürler,
- Ağaçlara saplanan küçük taş parçaları ağacın kesim ve devirme işini yapan işçiler ve tomrukları işleyen tesisler için tehlike (iş kazaları) arz etmektedir,
- Ağaçlandırma ve toprak işleme işlerini zorlaştırır ve sonuçta toprak kaybına neden olmaktadır,
- Orman içerisinde geçen enerji nakil hattı veya diğer yapılara fiziksel zarar vermektedir,
- İçme suyu kaynakları, dere, kuru dere gibi su yolu veya ırmak üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak özellikle taşkınlar sonucunda sel felaketine neden olmaktadır,
- Kontrolsüz bir şekilde kaya patlatma yapılan yerlerde kazı şevinde ve yamaç aşağısındaki kayalar tehlike arz eden bir durumda askıda kalmaktadır (BCMF, 2002)

3.3 Hava Şoku ve Gürültü

Kaya patlatması sırasında etkin önlem alınmadığında, kaya çatlaklarından atmosfere hızlı ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli oranda hava şoku oluşturur. Patlatmalardan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir.

Kaya patlatması sonucunda oluşan gürültü, atım noktasından uzaklaştıkça hava şokunun bozulması ve dağılmasıyla oluşmaktadır. Gürültüden kaynaklanan problemler kişisel rahatsızlıklar ve diğer psikolojik şikâyetler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bölgedeki hava koşulları, rüzgârın yönü ve şiddeti, sıcaklık hava şoku enerjisini önemli şekilde etkilemektedir.

Bununla birlikte hava şoku ve gürültü ise orman yaban hayatı ve canlı ekosistemi üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmekte, orman içi ya da yakınında oturan orman köylüleri üzerinde ise psikolojik baskılar oluşturmaktadır. Patlatma sonucu ortaya çıkan gürültünün belirli değerleri aşması durumunda orman yaban hayatını rahatsız etmekte ve yaban hayvanları doğal yaşam bölgelerini terk etmektedirler.

3.4 Toz Emisyonu, Zehirli Gaz ve Duman Oluşumu

Patlatma ile kayaların kırılmasından hemen sonra belirli bir miktarda toz meydana gelmektedir. Bu toz orman ağacı yaprakları ve diğer bitki yaprakları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yapraklar üzerinde biriken toz gözenekleri tıkamakta ve bitkinin biyolojik fonksiyonu olan fotosentez sürecini

etkilemektedir. Bu ise büyüme ve hacim kayıplarına neden olabilmektedir.

Teknik ve ekonomik yönden uygun patlatma tasarımları gerçekleştirilirken; yer sarsıntısı, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevresel etkiler de kontrol edilmelidir. Yapılacak patlatmalarda; parçacık hızı (mm/sn), parçacık deplasmanı veya yer değişimi (mm), parçacık ivmesi (mm/s^2) ve frekansı (Hz) ölçmek ve bunları kontrol edilebilir sınırlarda tutarak tasarımlar gerçekleştirmek suretiyle çevresel sorunlar en aza indirilebilir (Erçikçi vd, 2004).

Orman yolu güzergâhına rastlayan kayalık alanların geçilmesinde kullanılacak patlatma teknik ve yöntemleri ormana ait meşcere yapısı, yerleşim durumu, yolun üstleneceği görev ile teknik, ekonomik, ekolojik ve çevresel birçok etmen dikkate alınarak seçilmek zorundadır. Kullanılacak patlatma teknikleri bilimsel bazda değerlendirilerek en iyi çözümü sağlayan yöntem belirlenmelidir. Bu sayede yol yapım maliyetlerini artıran patlatma tabanlı kazı işlerinde maliyetler minimize edilebileceği gibi çevresel açıdan da olumlu sonuçlar elde edilebilecektir.

4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormancılık amaçları için planlanan orman yol ağlarının yapımı dağlık arazide mevcut büyük kaya partilerinin hafriyatını gerektirmektedir. Yol yapımı sırasında güzergâha rastlayan büyük kaya partilerinin uzaklaştırılabilmesi için iticilikten çok kırıcılık özelliği yüksek olan patlayıcı maddeler tercih edilmektedir. Kaya kazısının yapılabilmesi için önce kayaların parçalayıcı ve dağıtıcı özellikteki patlayıcı maddelerle parçalanması gereklidir (Acar vd, 1997). Sürdürülebilir ormancılık yönetimi için bu patlatma yöntemlerinin ekonomik ve ekolojik optimizasyonu sonucunda, meşcerede oluşabilecek zararların en aza indirilmesine yönelik en uygun yöntemlerin belirlenmesi kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu amaçlarla, orman yolu yapımına ait operasyonel faaliyetler için güncellenmiş yeni düzenlemelere ihtiyaç vardır.

Türkiye’de uygulamada, dik ve kayalık alanlarda angledozerlerin kullanılması dolgu şevinden aşağılarda büyük zararlara neden olmaktadır. Yol yapım tekniğinden kaynaklanan ve meşcereye zarar veren bu etkilerden kaçınmak için güncel, çevreye duyarlı ve kontrollü patlatma tekniklerinden ve tesviye yöntemlerinden yararlanılmalıdır (Acar vd.,2005-b)

Yol güzergâhına rastlayan kaya partilerinin emniyetli ve verimli bir şekilde patlatılması için; kayanın istenen şekilde parçalanmasına, yol inşaat alanında kalacak şekilde ötelenmesine, gevşek bir yığının elde edilmesine izin veren yer sarsıntısı, hava şoku, taş savrulması gibi çevresel sorunlarının en az düzeyde olduğu bir patlatma hedeflenmelidir.

Ülkemizde orman yolları yapımı, son zamanlarda her ne kadar ekskavator kullanılması istense de, genel olarak buldozer, angledozer veya bunların ekskavator ile kombinasyonu şeklinde gerçekleştirilmektedir. Özellikle kayalık arazide kayaların patlatılması için meşçereyi koruyucu ve çevreye duyarlı bir patlatma tekniği uygulanmamaktadır. Bu konuda yapılabilecek öneriler aşağıdaki şekildedir:

- Yol yapım güzergâhlarında zemin etüdü yapılmalı, amaca uygun jeofizik yöntemler kullanılarak en uygun yol güzergâhı tercih edilmelidir.
- Orman yolu yapımında çevreye etkisi daha az olan makineler tercih edilmelidir. Yol yaptırma müteahhitlerin çevreyi dikkate almalarını sağlamak amacıyla yol yapımına ilişkin yeni düzenlemelere gidilmelidir.
- Yol yapımı sırasında ekskavator tercih edilerek, kazılabilir nitelikteki kayaların sökülmesinde dozer yerine hidrolik kırıcı (hammer) eklemenin mümkün olduğu ekskavatorler kullanılmalıdır.
- Kazılması veya sökülmesi mümkün olmayan sert kayaların patlatma tekniğinin iyileştirilerek; daha verimli, ekonomik, güvenli ve çevresel zararı en aza indirecek delme-patlatma teknikleri ortaya konulmalıdır.
- Kayaların parçalanmasında meşçereye zarar vermemek için, yerel koşullara uygun özel patlatma teknikleri uzman kişiler tarafından tasarlanarak dizayn edilmelidir.
- Teknik eleman ve çalışanların eğitimden geçirilmeleri sağlanmalı ve bu işi yapacak olanlardan buna ilişkin yeterli sertifikası istenmelidir.

KAYNAKLAR

Acar, H.H., Şentürk, N., 1996, Dağlık Arazide Orman Yollarının Planlanması ve Yapımı ile Üretim Çalışmalarının Orman Ekosistemi Üzerine Olan Etkileri, İÜOF Dergisi, Seri:B, Cilt:43, Sayı:1-2, s.103-110, İstanbul

Acar, H.H., Şentürk, N., 1997, Orman Yolları Yapımında Kayaların Geçilmesi ve Patlayıcı Madde Kullanımı, İÜOF Dergisi, Seri B, Cilt:45, Sayı:1-2, s.73-89, İstanbul

Acar, H.H., Coşkun, N., Eker, M., 2003, Köy ve Orman Yollarının Yapımında Yol Zemininin Jeofizik Yöntemlerle

Etüdü, Beklenen Çevresel ve Ekonomik Yararlar, Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Semp., 18-20 Aralık 2003, Trabzon

Acar, H.H., Eker, M., Çağlar, S., 2005-a Orman Yolu Yapımında Zemin Yapısının Tespitinde Bazı Jeofizik Yöntemlerden Yararlanma Olanakları, TC Çevre ve Orman Bakanlığı, 1. Çevre ve Ormanlık Şurası Bildiriler Kitabı, Cilt II. sy. 464-471, 21-24 Mart 2005, Antalya, Türkiye.

Acar, H.H., Çağlar, S., Şentürk, N., 2005-b, The Environmental Impacts of Forest Road Construction in Steep Terrain And Rocky Places in Turkey, International Scientific Conference, Ecological, Ergonomic and Economical Optimizations of Forest Utilization in Sustainable Forest Management, June 15-18, 2005, Krakow, Poland.

B.C.M.F, 2002, B.C. Ministry of Forests, Forest Practices Code of British Columbia, Forest Road Engineering Guidebook, Operational Planning of Forest Road Regulation, Second Edition, June 2002, ISBN 0-7726-4806-9

Cihangir, F., Kesimal, A., Erçikiti, B., Durmuş, O., Bir Kalker Ocağında Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Çevresel Etkilerin Analizi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Madencilik ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 149-158, 5-6 Mayıs 2005 Ankara

Erçikiti, B., 2003, Araklı Taşönu Kalker Ocağında Yapılan Atımların Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, KTÜ, FBE, Yüksek Lisans Tezi, 104 s., Trabzon, Türkiye

Erçikiti, B., Kesimal, A., Yılmaz, E., 2004, Evaluation of Ground Vibrations Induced by Blasting at Araklı-Taşönu Limestone Quarry, ROCKMEC'2004-VIIIth Regional Rock Mechanics Symposium, Sivas, Türkiye

McKelvey, K.S., M.K. Schwartz, L.F. Ruggiero. 2002, Why is connectivity important for wildlife conservation?, www.wildlifecrossings.info

MKE, 2005, Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu (MKE), Elmadağ Barut Sanayi ve Ticaret AŞ. (Barutsan) Ürün -Katalogu, 40 s. Ankara / Türkiye

Nitromak, 2004, "Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunları ve Risk Analizi, Sektörel Dergi. Sayı 4, Ağustos 2004, ,

OGM, 1984, Orman Yollarının planlanması ve İnşaat işlerinin Yürütülmesi Hakkında 202 Sayılı Tebliğ, Ankara

OGM, 2004, "Orman Genel Müdürlüğü 2004 Yılı Döner Sermaye Bütçesi", APK Dairesi Bşk. Şubat-2004, Ankara

OGM, 2006, "Orman Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Döner Sermaye Bütçesi", Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Şubat-2006, Ankara

ÖÖİKR, 2001, Ormanlık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Yayın No. DPT:2531-OİK:547, Ankara

USFWS, 1993, United State Fish and Wildlife Service, Grizzly bear recovery plan. U.S. Fish and Wildlife Service, 181pp. Missoula, Montana, USA

Madencilik Faaliyetlerinde İşçilerin Ulaşımı ve Cevher Nakliyatında Tekray Sisteminin Kullanılması

H. Acar

Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, 61080 Trabzon

ÖZET: Madencilik genellikle kırsal alanda, orman alanları üzerinde veya dağlık arazide yapılmaktadır. Madenlerin işletilebilmesi amacıyla gerek iş gücünden yararlanma gerekse nakliyecilik, maden işletmeciliğinde önemli bir yer tutar. Böylece, madencilik güç koşullar altında yapılan işlerdendir. Genelde küçük çaplı işletmeler (günlük üretimi 100 ton dan az) için dağlık arazide yer alan maden alanlarında gerçekleştirilen ulaşım ve nakliye çalışmaları iklimi güç koşullar altında yapılabilmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen bir prototip olan tekray sistemi ile düz ve özellikle dağlık Doğu Karadeniz Bölgesi gibi eğimli arazideki maden cevheri taşımacılığında yararlı sonuçlar elde edilebilecektir. Özellikle tahribatın en az oranda olması istenilen ormanlar gibi ekolojik ortamlarda bu konu çevresel itibariyle daha da önem kazanacaktır. Tekray sisteminin maden işletmeciliği sektöründe işçi taşıma amaçlı ya da maden taşıma amaçlı olarak kullanılması ekonomik, ergonomik ve çevresel açıdan yararlı sonuçlar doğuracaktır. Portabl bir yapıya sahip bu sistem ile birçok saha işletmeye açılabilir. Sistemin geliştirilebilir özelliklere sahip olması da önemli ve ayrı bir özelliğidir.

ABSTRACT: Mining is generally carried out in a place considered rural, woodland and mountainous region. Both productive power and material handlings take play an important role so that mining is run safely. Therefore mining is a kind of business conducted under hard conditions. Small scale mining (less than 100 tonnes per day) set up on mountainous place is often run under severe climatic conditions for espacially transporting materials produced from face to the main haul road. For such kind of reason, a prototype model of monorail system has been developed in order to transport ore prouced in a place of flat and especially steep mountainous like Eastern Black Sea regions. Additionally, it will be important for ecological media like forest considered to have less damage in terms of environmental side. Using the monorail system in order to transport both worker and materials in mining sector produces a positive results in respect of costs, ergonomics and the environment. This system with a portable body contributes to many mining operations as well as its improvement future.

1 GİRİŞ

Ülkemizin maden konusundaki zenginliği bilinen bir gerçektir. Aynı durum ne yazık ki maden işletmeciliği için geçerli değildir. Özellikle teknolojik açıdan dışa bağımlı bir işletmecilik söz konusudur.

Ülkemizde maden çeşitliliği ve zenginliği ülkenin değişik yerlerinde odaklanmıştır. Bazı madenler sektör için uzun yıllar işletmecilik gerektiren bir ekonomik iş kolu durumundadır. Maden alanları genelde ulaşılması güç eğimli ve engebeli yerlerde ve geniş alanlar üzerinde odaklanmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi genel itibariyle dağlık ve eğimli, engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Bu nedenle tarım, ormancılık ve madencilik çalışmaları

ülkenin diğer bölgelerine göre daha güç koşullar altında sürdürülmek zorunda kalmaktadır. Mevcut toprak yollardan yararlanılması dışında maden cevherinin yanına ulaşabilmek için ayrıca bir çalışmaya gerek duyulacaktır.

Genelde yerleşim alanlarından uzakta bulunan katı haldeki madenlerin işletilmesi için öncelikle belli oranda geçici bir araba yol ağına gerek vardır. Eğer eğimli arazi söz konusu ise araba yolu yaparak maden alanına ulaşmak üzere kot kazanımı hem uzun mesafeli hem de pahalı olmakla birlikte aynı zamanda arazi kaybı gibi çevre zararlarına da neden olacaktır. Halbuki bu geçici görev mesafe olarak 1/10 oranında portabl tekray sistemi ile daha ucuz,

daha ergonomik ve de daha çevresel şekilde çözülebilir.

Dağlık Doğu Karadeniz Bölgesinde maden yataklarına ulaşabilmek ve değerlendirebilmek için araba yolundan sonra insan gücü, hayvan gücü veya daha modern araçlarla işletmecilik söz konusu olacaktır. Bu amaçla ormancılık çalışmaları için geliştirilen AcarT750 tekray sistemi portatif bir çözüm oluşturmaktadır.

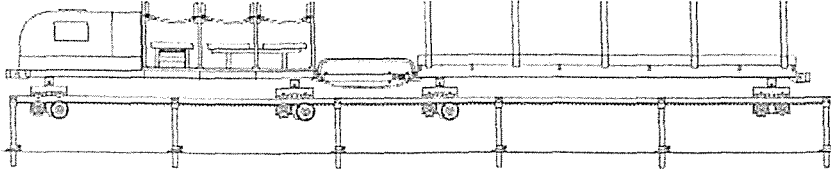
Bu çalışmada dağlık Doğu Karadeniz Bölgesindeki eğimli ve engebeli arazide tekray sistemi ile maden işletmeciliği konuları birlikte değerlendirilmiştir. Tekray sisteminin sektöre olası katkıları işçilik ve transport açısından tartışılmıştır.

2 ACART750 TEKRAY SİSTEMİ

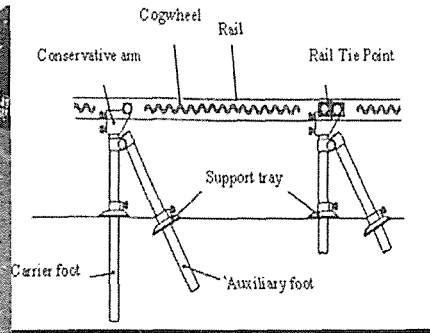
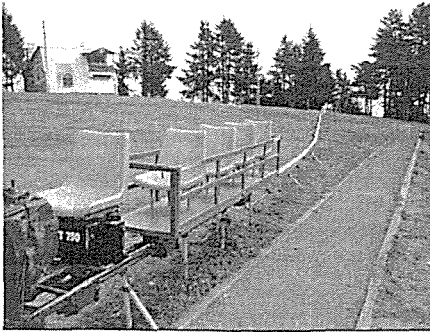
Tekray tekniği, düz ya da özellikle eğimli arazide aşağı veya yukarı yönde % 100 eğimlere kadar

kurulabilen, işçi ve operatörler ile ürünleri emniyetle, hızla taşıyabilen bir sistemdir. Kurulup sökülme kolaylığına sahip tekray sisteminden ayrıca ağaçlandırma alanlarına fidan ve işçi taşınması, kesim alanına operatör ile yangın kulübesine işçilerin taşınması, dinlenme yerlerine gezi turları, ziraatte, askeri amaçlı ulaşım ve malzeme taşımacılığı gibi daha birçok alanda yararlanmak mümkündür.

Tekray sistemi temel olarak alt ve üst yapı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Ancak bu iki yapının arasında bulunan, bağlantıyı sağlayan, dengeleme ve yürüme işini gören bir kısım daha mevcuttur. Buna göre, araziye kurulan bir ray düzeneği ve bu düzeneğin üzerinde hareket eden bir sistem ile ona monte ve demonte olabilen lokomotif ve vagon kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Bir tekray aracına ait plan ile ana kısımları (Acar 2000)



Şekil 2. Acar-T 750 tekray aracının görünümü ile ray-destek bağlantıları (Acar 2000)

AcarT750 prototipinde alt yapının bir elemanı olan ray; 50 x 50 mm ebatlarında, 4 mm kalınlığında ve 6 m uzunluğunda Fe 37 çeliğinden içi boş kutu bir profilin üzerine kremayer dişlinin kaynak edilmesi ile oluşturulmuştur. Taşıyıcı ve destek ayaklar ise aynı teknik özelliklere sahip olup 16 mm çapında ve 75, 100, 125 ile 150 cm uzunluklarında tasarlanmıştır. AcarT750 modelinde Honda marka 13 HP gücünde bir motor kullanılmıştır. Sistemin

hızı 3,2 ile 4,9 km/saat arasında değişmektedir. AcarT750 prototipinde yükleme ve boşaltma süreleri göz önüne alınmadığında % 70 eğim ve 200 metre mesafe için saatlik verim 12 m³/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 3) (Acar vd., 2002).

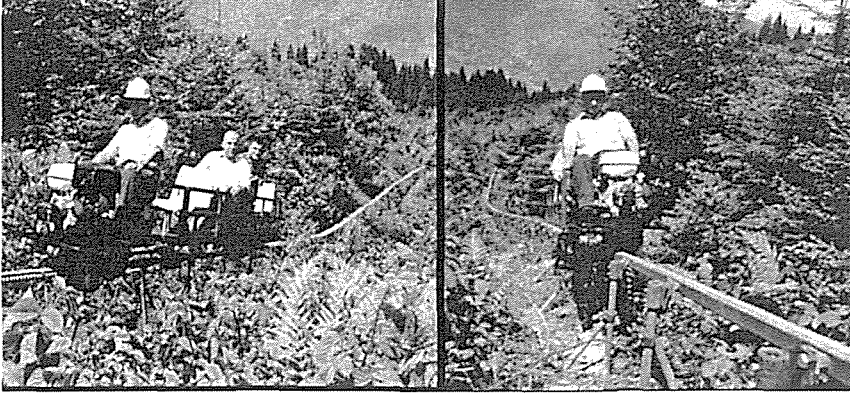
Yapılan bir çalışmaya göre %10 eğimde 5 km orman yolu ile kazanılacak bir kot kazanımı yerine (örneğin yangın kulübesine ulaşımında) sadece 500 m uzunluğundaki bir tekray sistemi yeterli olacaktır.

Bu durumda hem arazi kaybı olmayacak ve bu vesile ile ekosistem zarar görmeyecek, hem de daha kısa ve geçici bir çözüm elde edilmiş olunacaktır.

Tekray sisteminin avantajları; işe gidiş-dönüş süresinin kısılması ile yorgunluğun azalması, taşımının kolay ve ergonomik olması, güzergahta toprak tesviyesi gerektirmeksizin araziye kurulabilmesi, kısa mesafede yüksek kot kazanımı sağlaması, sökülüp başka bir yere naklinin mümkün olması ile kurulum ve çalışma sırasında ekosisteme

en az düzeyde zarar vermesi şeklinde sıralanabilir (Acar, 2004).

Ormancılık operasyonlarında tekray tekniği ile zaman ve iş gücünden kazanma ile verimli çalışma, ekolojik açıdan yol yapımının zararlı olduğu yerlere kolay ulaşım ile minimum düzeyde orman yolu yapımı ve orman alanı miktarı kaybının önlenmesi, ergonomik düşünce vs. açılarından tekray modern bir orman transport aracıdır (Acar, 2004).



Şekil 3. Acar T750 Tekray sisteminin arazide kullanımı

3 ÜLKEMİZDEKİ GELİŞTİRİLEN TEKRAY TEKNIĞİNİN ERGONOMİ VE VERİMLİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Maden işçiliğinde bazen operatör ve işçilerin güç arazi koşullarında iş yerlerine gidiş-gelişleri büyük zaman ve enerji harcaması gerektirmektedir. Özellikle çok yüksek mevkiilerdeki dağlık arazilerde maden cevherinin üretimi ve kış mevsiminde ikliminde müsait olmadığı kamyon nakliyatının yükünü hafifletmek için ana nakliye yoluna kadar meyil aşağı doğru taşımacılık kimi küçük çaplı işletmeler için çok güç ve zaman alan işlerden sayılmaktadır. Ayrıca yeraltı işletmelerinde işçilerin çok uzun mesafeli üretim yerlerine taşınması veya desandrielerde cevher nakliyatında yaşanan problemler de söz konusu olabilmektedir.

Maden sahalarında çalışan operatör ve işçilerin verimli olabilmesi için gün içindeki işyerine ulaşımının kısa zamanda ve ergonomik olarak yapılması gerekir. Günlük belirli bir zamanı alan ve enerji sarfını gerektiren bu durum tekray tekniği ile çözülebilir niteliktedir.

Yapılan benzer bir çalışmada, operatörlerin orman içi ulaşımının tekray tekniği ile sağlanmasının iş verimini artırdığı tespit edilmiştir (Acar vd., 2002). Yapılan proje sonunda ortaya çıkan AcarT750

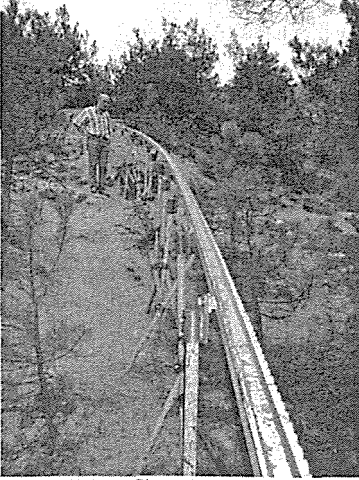
prototipi 500 m olup ortalama 20 000 \$'a mal olmuştur (Acar vd., 2002). Sistemin lokomotif bölümü asıl parayı oluştururken toplam fiyat mesafenin artması ile doğru orantılı olmayıp çok daha azdır.

Sistemde lokomotif kısım sökülebilen 4 yöne dönmeli fiber koluğa sahip olup bunlar çıkarıldığında malzeme ya da ürün taşınması gerçekleştirilebilmektedir. Aynı hat üzerinde gidip gelen sistemde insansız seyahat ve son noktada otomatik durma mekanizması da mevcuttur. Benzinle çalışan sistemin dizel ya da elektrikli hale çevrilebilmesi de muhtemeldir.

Portabl yapıya sahip olan tekray sistemi kısa sürede kurulup sökülebilmek ve de nakledilebilme avantajına sahiptir. Bu haliyle raylı sistem stabil ve güvenli bir transport sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekray sistemi düz veya % 100 eğimlere kadar her türlü alanda kurulabilmektedir (Şekil 4). Yine tekray sistemi ile her seferde 1 tona kadar bir miktarda taşıma söz konusudur. Tekray sistemi portabl olmasına karşın büyük alanlarda kalıcı olarak da kullanılabilir. Burada özellikle işçilere ergonomik çalışma koşullarının yaratılması önemlidir. Dolayısıyla üretim zorluğu ile üretim zamanı azalacak, üründeki kalite ile verim de artmış olacaktır.

Bu sistem ile toprağın yaralanması ve erozyona yol açması ile taşıma sırasında çalışan işçi ve

kullanılan aletlere zarar verilmesi önlenecektir. Geliştirilen bu sistem ile aynı zamanda iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından yararlı sonuçlar elde edilmiş olacaktır. Dolayısıyla maden işçiliği açısından verimliliğin yanında ergonomik sonuçlar da elde edilecektir.



Şekil 4. Tekray Sisteminin Dik Arazide Kurulumu

Maden işletmeciliğinde işçilerin rezerv alanlarına kısa sürede ulaştırılması ve burada çalışmaları ile geri dönüşleri sırasındaki iş sağlığı ve iş güvenliği konuları tekray sisteminin kullanılması ile daha da sağlıklı sonuçlar doğuracaktır. Ergonomik bir çalışma tarzı sağlayacak tekray sistemi, eğimli ve engebeli arazide maden taşınmasını daha kolay hale getirebilecektir. Kurulup sökülme özelliğine sahip bu sistem ile her yere araba yolu yapılması dolayısıyla doğanın bozulması, ekonomik olmama ve arazi kaybı gibi olumsuzluklar önlenmiş olacak, daha ergonomik çalışma iş koşulları oluşturulacak ve de engebeli arazide iş verimi artırılmış olacaktır.

Bazı özel ve hassas ekosisteme sahip maden alanlarında yol yapımı yerine kısa mesafelerdeki ulaşımın kurulup sökülebilen tekray sistemi ile sağlanması orman alanı kaybını azaltacağı gibi ergonomik açıdan orman işçilerine önemli yararlar sağlayacaktır.

4 SONUÇLAR

Madencilik sektöründe cevherin taşınması işi, maden işçileri açısından güç ve kaçınılmaz bir faaliyettir. İşyerine ulaşım ve taşıma tekniği açısından yenilik ve kolaylık içeren tekray sistemi ile cevherin taşınması işi hem işçi hem de ülke ekonomisi ve çevre açısından yararlı sonuçlar doğuracaktır.

Doğal arazi üzerinde toprak yapıdaki araba yollarına alternatif portatif tekray sistemi kolayca kurulup sökülebilen pratik, çevreye duyarlı ve verimli bir ergonomik sistemdir.

Ülkemizde bu prototip çalışma ile dağlık arazide eğimli ve güç koşullar altında yürütülen maden üretimi çalışmaları verimli ve ülke kaynaklarının değerlendirilmesi açısından ekonomik hale getirilmiştir.

Tekray sistemi maden işçileri açısından ergonomik çalışma koşulları sağlaması yanında işlerin zamanında bitirilebilmesi, çevresel açıdan duyarlılık, taşınmayarak doğaya terk edilen maden cevherinin ülke ekonomisine ek girdi ve ek istihdam olanağı sağlaması gibi açılarından sürdürülebilir bir verimliliğe sahip bulunmuştur.

Bu portatif sistem teknik ve ekonomik açıdan geliştirilebilir bir yapıya sahiptir. Böylelikle iş güclüğü, iş güvenliği ve işçi sağlığı açılarından daha ergonomik sonuçlar elde edilebilir. Bu şekilde sürdürülebilir bir iş verimine ulaşmak kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar,H.,H.,2000, Dağlık Arazide Tekray Tekniği, K.T.Ü. Orman Fakültesi Seminerleri, Yayın No: 6, 69-75s., Trabzon.
- Acar,H.H.,2004, AcarT750 Monorail System in Turkish Forestry, Forest Engineering; International Scientific Conference on New Techniques, Technologies and The Environment, October 5-10th, Proceedings 58-64p., Lviv, Ukraine.
- Acar,H.H.,Topalak,Ö.,Üçüncü,K.,2002,Ülkemizde Koşullarında Monorail Sisteminin Ekonomik Olarak Üretilmesi ve Ormancılıkta Kullanılması Olanaklarının Araştırılması, DPT Proje No: 99k120460, 52s., Trabzon.

Madencilikle İlgili Hukuki Düzenlemeler ve 5177 Sayılı Kanun

N. Kavaklı

Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZET: Anadolu'da Madencilik oldukça eski bir geçmişe sahip olup değişik uygarlıklarca bakır, demir, kurşun, gümüş üretimine yönelik madencilik çalışmaları yapılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde ilk hukuki düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Çağın ihtiyaçlarına göre de zaman zaman hukuki düzenlemelerde değişiklikler yapılmıştır. 5177 sayılı kanun en son yapılan hukuki düzenlemedir. Bu kanun ile madencilik alanında mevzuat birlikteliği sağlanmış, ruhsat güvencesi artırılmıştır. Bunun bir yansıması olarak da madencilğe olan ilgide çok ciddi artışlar gerçekleşmiştir.

ABSTRACT: Mining goes back to 7.000 BC in Anatolia. Cu, Au, Fe, Pb, Hg, Ag etc. have been mined by different civilizations since ancient times. First mining law was put into practice in the Ottoman period. The last legal negotiation is law No 5177. The applications for mining licensees, mining investments and license rights' protection has considerably increased with the application of new mining law yet.

I ANADOLU'DA MADENCİLİK VE MADENCİLİKLE İLGİLİ HUKUKİ DÜZENLEMELERİN TARİHÇESİ

M.Ö. 7000'li yıllarda Çatalhöyük'te silis madenciliği, M.Ö. 6000'li yıllarda Ergani yöresinde bakır madenciliği yapılmıştır. M.Ö. 2000 yıllarından itibaren ise sırasıyla Hititler, Urartular, Frigyalılar ve Lidyalılar tarafından Anadolu'nun değişik yörelerinde madencilik yapıldığı, izabe tesisleri kurulduğu, metal para basılıp kullanıldığı görülmektedir (Kaptan & Jesus, 1974). Anadolu'da Madencilik Roma, Bizans ve Selçuklu dönemlerinde giderek gelişmiş ve Osmanlı İmparatorluğunun son döneminde devlet katkısı görmüştür. Osmanlı İmparatorluğunda madenlerin, ordunun silah ve cephane ihtiyaçlarını karşılamak ve para basmak amacı ile işletildiği, ekonomik bir kazanç amaçlanmadığı görülmektedir. Devletin tasarrufu altındaki bu kaynakları işletenlere ise bazı vergi ve yükümlülükler tanınmış, ürettiklerinin beşte biri kendilerine verilmiştir. Bu uygulama 19. yüzyıla kadar devam etmiştir (Topkaya ve Bircan, 1947).

Osmanlı İmparatorluğu döneminde hukuki anlamda ilk yasal düzenleme, 1858 yılında çıkarılan Arazi Kanunu'dur. Arazi Kanunu 1906 yılına kadar yürürlükte kalmış, 1906 yılında Maden Nizamnamesi, 1907 yılında Taş Ocakları Nizamnamesi yürürlüğe girmiştir. 19. yüzyılda Batılı

ülkeler, Osmanlı topraklarında maden ruhsatı olarak ekonomik anlamda madencilğe başlamışlardır. Almanya, Fransa, İngiltere ve Rusya gibi ülkeler bakır, krom, kurşun, bor ve kömür madenlerini işletmişlerdir (Topkaya ve Bircan, 1947). Cumhuriyetin ilanına kadar, İngiliz, Fransız, Alman ve İtalyanlar Zonguldak'ta taşkömürü madenciliği yapmışlardır. Taşkömürü Havzası 1940 yılında devletleştirilmiştir. 1954 yılında 6309 Sayılı Maden Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile yabancı şirketlerin madencilik alanında ruhsat olarak faaliyette bulunması sağlanmıştır. 1978 yılında 2172 Sayılı Yasa yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu hukuki düzenleme ile "*Belirli bölgelerde belirli cins madenlerin Devletçe aranmasına ve işletilmesine, bu madenler ile ilgili olarak daha önce gerçek kişilere, özel hukuk tüzel kişilerine verilmiş arama ruhsatnameleri ve işletme haklarının geri alınmasına karar vermeye Bakanlar Kurulu yetkili kılınmıştır*". 1983 yılında yayımlanan 2840 Sayılı Yasa ile Bor Tuzları, Trona ve Asfaltit madenleri ile Nükleer Enerji Hammaddelerinin İşletilmesi, Linyit ve Demir Sahalarının bazılarının iadesi kabul edilmiştir. Bu Yasa ile 1978 yılında Devletin hüküm ve tasarrufuna geçen sahaların bir kısmı eski sahiplerine iade edilmiştir. 15.06.1985 tarihinde 3213 Sayılı Maden Kanunu yürürlüğe girmiştir. 12.06.1987 tarihinde 3382 sayılı yasa ile Maden Kanununun 2. maddesinde değişiklik yapılmıştır.

16.02.1994 tarihinde 3971 sayılı Yasa yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile Bor Tuzları, Trona ve Asfaltit Madenleri ile Nükleer Enerji Hammaddelerinin İşletilmesini, Linyit ve Demir sahalarından bazılarının iadesi düzenlenmiştir.

3971 sayılı Yasa ile 2840 sayılı yasanın ikinci maddesi değiştirilerek " *Bor tuzları, uranyum ve toryum madenlerinin aranması ve işletilmesi Devlet eliyle yapılır*" hükmü getirilmiş, trona ve asfaltit madenlerinin özel sektör tarafından aranması ve işletilmesine imkân sağlanmıştır. 26 Haziran 2001 tarihinde 4683 sayılı kanun, 24444 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmış ve 3078 sayılı Tuz Kanunu kaldırılarak, Tuz 3213 sayılı Maden Kanunu kapsamına alınmıştır. 05.06.2004 tarihinde 5177 sayılı kanun yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 5177 sayılı Kanun, 15.06.1985 tarihinde yürürlüğe giren 3213 sayılı Maden Kanununun bazı maddelerini yürürlükten kaldırmış, bazı maddelerini de değiştirmiştir. 03.02.2005 tarihinde Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği, I (a) Grubu Madenler Yönetmeliği resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

21.06.2005 tarihinde Madencilik Faaliyetleri İzinler Yönetmeliği, resmi gazetede yayımlanmıştır (Kavaklı, 2005).

2 T.C. ANAYASASINDA MADENCİLİKLE İLGİLİ HÜKÜM

Anayasanın 168. maddesinde "*Tabii servetler ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletilmesinin devletin gerçek ve tüzel kişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzel kişiler eliyle yapılacağı kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim, usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir.*" hükmü yer almaktadır.

Anayasanın yukarıdaki açık hükmüne göre tabii kaynaklar bulunduğu arz'ın mülkiyetine tabi değildir. Devlet, bu hakkını kamu iktisadi kuruluşlarına, gerçek veya tüzel kişilere belli süreler için devredebilir.

5177 sayılı kanunun 4. maddesinde de "*Madenler Devletin hüküm ve tasarrufu altında olup arzın mülkiyetine tabi değildir*" hükmü yer almıştır.

3 5177 SAYILI MADEN KANUNU

3213 sayılı maden kanununun uygulanmasında yaşanan problemlerin çözülmesi, madencilikle ilgili mevzuat birlikteliğinin sağlanması ve madencilikle ilgili yatırım ortamının iyileştirilmesi, ülkenin yer

altı kaynaklarının daha hızlı ve kolay biçimde ekonomi dünyasının hizmetine sunulması ve bu amaç için yatırımcının özendirilmesini temin için 5177 sayılı kanun çıkarılmıştır.

5177 sayılı kanun 43 ana madde, 5 ek madde, 20 geçici madde olmak üzere toplam 68 maddeden oluşmaktadır.

5177 sayılı kanunla ilgili olarak çıkarılan Uygulama Yönetmeliği 135 adet ana madde, 19 adet geçici madde olmak üzere toplam 154 madde ve 18 form'dan oluşmaktadır.

Ia grubu madenler yönetmeliği 49 adet ana madde, 1 adet geçici madde olmak üzere toplam 50 madde ve 7 form'dan oluşmaktadır.

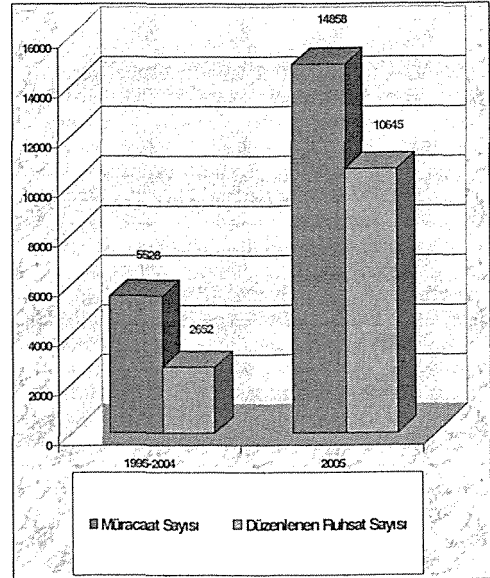
Madencilik Faaliyetleri İzinler Yönetmeliği 93 adet ana madde, 3 adet geçici madde olmak üzere toplam 96 maddeden oluşmaktadır.

5177 sayılı yasa ile ruhsatlar beş gruba, altı farklı alan büyüklüğüne ve iki temel süreye ayrılmıştır.

5177 sayılı kanun ile getirilen yeni yaklaşımlar sayesinde madencilik alanındaki yatırımlarda ve ruhsat sayılarında yüksek oranlı artışlar olmuştur.

1995–2004 yılları arasında toplam 5528 arama ruhsatı müracaatı yapılmış iken sadece 2005 yılında yapılan müracaat sayısı 14858'dir. 1995–2004 yılları arasında düzenlenen arama ruhsat sayısı 2652 iken, 2005 yılında düzenlenen arama ruhsat sayısı 10645'tir (Şekil 1).

2002 yılında düzenlenen işletme ruhsat sayısı 3922 iken bu sayı 2005 için 5559, 30 Mayıs 2006 tarihi itibariyle 6060'tır (Migem, 2006).



Şekil 1. Müracaat karşılaştırma grafiği (Migem, 2006)

4 5177 KANUN İLE YAPILAN TEMEL DEĞİŞİKLİKLER

5177 sayılı kanun ile 3213 sayılı maden kanunda yapılan temel değişiklikler şu başlıklar altında toplanabilir.

- Maden tanımı değiştirilmiştir,
- Ruhsat aşamaları azaltılmıştır,
- Ruhsat grup sayısı artırılmıştır,
- Ruhsat alanları yeniden belirlenmiştir,
- Teminat olarak nakit para yerine banka teminat mektubu gibi diğer finansal araçlar kabul edilmeye başlanmıştır,
- Ruhsat güvencesi artırılmıştır,
- Ruhsat iptali yerine para cezaları getirilmiştir,
- Bilanço sistemi değiştirilmiştir,
- Devlet Hakkı payı düşürülmüştür,
- Kamulaştırma imkânı getirilmiştir
- Teknik ve daimi nezareti uygulaması etkinleştirilmiştir,
- Mevzuat birlikteliği sağlanmıştır,
- İhale sistemi değiştirilmiştir,
- Diğer mevzuatlarda değişikliğe gidilmiştir,
- Ruhsat sahiplerinin davalara katılımları sağlanmıştır,
- Madencilğin önünde engel teşkil eden kanun ve yönetmeliklerde değişiklikler yapılmıştır ve maden sahalarının atıl bırakılması engellenmiştir.

Tablo 1: Ruhsat grupları, süreleri ve alanları (MİGEM, 2006)

RUHSAT GRUBU		RUHSAT SÜRESİ	RUHSAT ALANI
I. grup maden ruhsatları	a grubu	5 yıl	10 hektar
	b grubu	10 yıl	50 hektar
II. grup maden ruhsatları		Arama:3 İşletme:10	100 hektar
III. grup maden ruhsatları		Arama:3 İşletme:10	500 hektar
IV. grup maden ruhsatları		Arama:3+2 İşletme:10	2000 hektar
V. grup maden ruhsatları		Arama:3 İşletme:5	1000 hektar

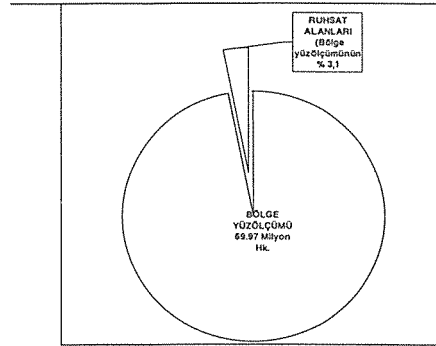
5 DOĞU KARADENİZDE YÜRÜTÜLEN MADENCİLİK FAALİYETLERİ

Bölgede yer alan ruhsat sayısı 19.06.2006 Tarihi itibariyle 2313 adet olup bunların dağılımı Tablo 2 'de verilmiştir (MİGEM, 2006; MTA, 2006, MMO, 2006). Bölgede verilen ruhsatların toplam alanı tüm bölgenin sadece % 3'ü kadardır. Bölgenin yaklaşık % 97'lik kısmı ruhsat verilebilme potansiyeline haizdir. Ruhsat alanları, il ve bölge yüzölçümü

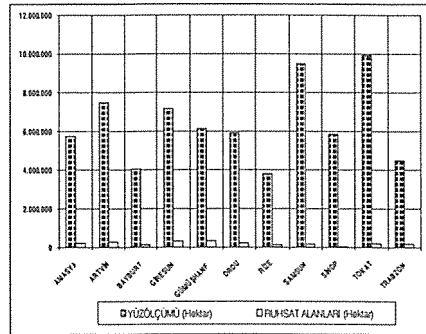
ilişkisi Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Bölgede başlıca üretilen madenler ve bunlara ait 2003, 2004 ve 2005 yıllarına ait üretim değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Bölgede yürütülen madencilik faaliyetleri sonucu oluşan Devlet Hakkı Değerleri ve bunların son üç yıla ait dağılımları Tablo 4'te ve Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 2. İl Bazında Ruhsat Dağılımları (MİGEM, 2006).

İL	ARAMA	ÖN İŞLETME	İŞLETME	HÜZ	TOPLAM
AMASYA	194	5	32	24	255
ARTVİN	127	4	14	8	153
BAYBURT	116	5	10	13	144
GİRESUN	142	13	19	25	199
GÜMÜŞHANE	202	7	22	37	268
ORDU	153	5	43	28	229
RİZE	49	3	6	40	98
SAMSUN	221	11	55	57	344
SİNOP	45	1	20	31	97
TOKAT	260	10	76	21	367
TRABZON	93	2	23	41	159
TOPLAM	1.602	66	320	325	2.313



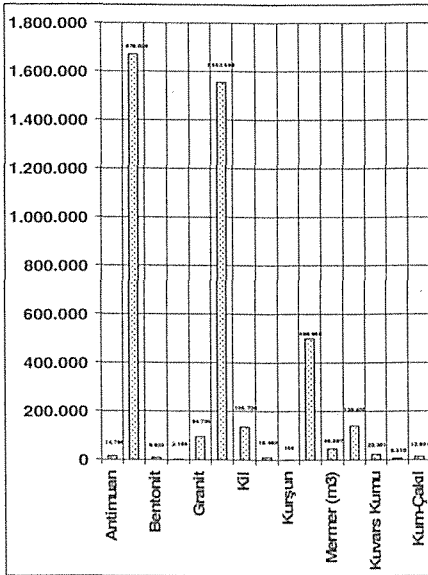
Şekil 2. Doğu Karadeniz Bölgesi Yüzölçümü ve Toplam Ruhsat Alanı (MİGEM, 2006)



Şekil 3. Doğu Karadeniz Bölgesi İlleri Yüzölçümü- Ruhsat Alanları Oranı (Migem, 2006)

Tablo 3. Bölgede üretilen başlıca madenler (MİGEM, 2006).

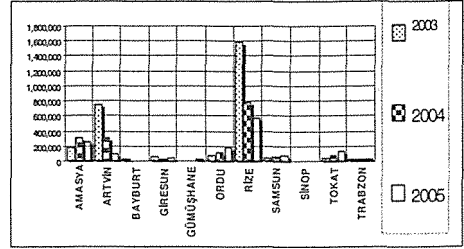
MADEN ADI	2003	2004	2005	BİRİMİ
Antimon	0	16	14.798	ton
Bakır (Tüvenan)	2.136.906	1.973.015	1.670.029	ton
Bentonit	133.799	159.715	9.833	ton
Çinko (Tüvenan)	70.000	194.264	2.166	ton
Granit	0	700	94.735	ton
Kalker	655.281	1.375.769	1.553.598	ton
Kil	101.299	240.417	135.728	ton
Krom	5.085	15.603	10.483	ton
Kum - Çakıl	0	0	12.931	ton
Kurşun	0	222	156	ton
Maden Kömürü	212.853	318.646	498.956	ton
Marn (1-b)	0	0	139.420	ton
Kuvaris kumu	0	2.266	22.301	ton
Puzolanik Kayaç	0	50.236	0	ton
TOPLAM MADEN	3.315.223	4.330.869	4.165.134	ton
Mermer	29.613	14.338	45.969	m ³
Oniks	460	25	338	m ³
Traverten	455	1.399	6.310	m ³
TOPLAM DOĞAL TAŞ	30.528	15.762	52.617	m ³



Şekil 4. Doğu Karadeniz Bölgesi 2005 Yılı Maden Üretimleri (Ton) (MİGEM, 2006)

Tablo 4: Devlet Hakkı Dağılımları (YTL) (MİGEM, 2006).

İL	2003	2004	2005	TOPLAM
AMASYA	170.581	297.948	258.114	726.643
ARTVİN	744.297	302.898	83.926	1.131.120
BAYBURT	25.266	7.711	4.268	37.245
GİRESUN	59.699	14.421	29.297	103.416
GÜMÜŞHANE	679	6.396	15.969	23.044
ORDU	71.384	110.299	174.016	355.699
RİZE	1.582.672	782.726	574.471	2.939.869
SAMSUN	27.921	53.127	68.585	149.633
SINOP		328	455	783
TOKAT	27.581	74.514	133.504	235.599
TRABZON	22.132	20.927	14.593	57.653
TOPLAM	2.732.212	1.671.293	1.357.199	5.760.703

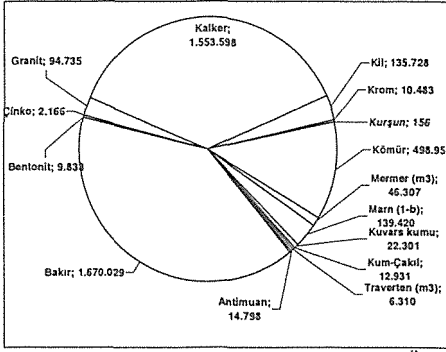


Şekil 5. Devlet Hakkı Dağılımları (YTL) (MİGEM, 2006)

6 SONUÇ

5177 sayılı kanun ile yapılan değişiklikler ve getirilen yeni düzenlemeler sonucu ülke genelinde madencilik faaliyetlerinde, ruhsat sayılarında ve dolayısıyla madencilik yatırımlarında önemli ölçüde artışlar olmuştur. Yabancı madencilik kuruluşlarının ilgisi de artmaktadır. Bu artış aynı şekilde maden ihracatına da yansımıştır. Ancak Doğu Karadeniz Bölgesinde aynı oranda artış gözlenmemiştir. Bölgenin çok az bir bölümü ruhsatlıdır. Verilen ruhsatların toplam alanının, bölgenin yüzölçümü içindeki payı sadece % 3 'tür. Yerleşim yerlerini, doğal ve kültürel SİT alanlarını, askeri yasak bölgeleri dikkate aldığımızda hala ruhsatlandırılabilir alan potansiyeli miktarı, bölge yüzölçümünün yaklaşık % 50'sidir.

Bölgenin sahip olduğu yeraltı kaynakları ve çeşitliliği dikkate alındığında gerçekleşen maden üretim değerleri ile çeşidi yeterli değildir. Bölgede gerçekleştirilen başlıca maden üretimi bakır, kömür mermer ve kalkerdir. Bölgede önemli altın yatağı potansiyeli olmasına rağmen bu potansiyel günümüze kadar, çeşitli nedenlerle harekete geçirilememiştir. Türkiye'nin her yıl ortalama 2,5 milyar dolar altın ithal ettiği göz önüne alındığında, bölgedeki altın yataklarının üretimi geçirilmesi sonucu bölgenin ekonomik yapısı olumlu ölçüde büyük değişime uğrayabilecektir.



Şekil 6. Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Üretim Değerleri (Ton) (MİGEM, 2006)

Artvin, Rize, Bayburt illeri başta altın ve bakır olmak üzere metalik madenler yönüyle önemli potansiyele sahip olup bu potansiyel harekete geçirilmelidir. Bölgenin tüm maden potansiyelinin harekete geçirilmesi hem bölge ekonomisine hem de ülke ekonomisine olumlu katkılar yapacaktır.

Bölge illerinin 5'inde madencilik faaliyetlerinde azalma, 6'sında artma söz konusudur. Üretim miktarları bazında son üç yılın verileri dikkate alındığında; Gümüşhane, Ordu, Samsun, Sinop, Tokat illerinde üretim artışı gözlenirken, Amasya, Artvin, Bayburt, Giresun, Rize, Trabzon illerinde büyük ölçüde üretim miktarlarında azalış gözlenmiştir. 2005 yılı itibarıyla ülke genelinde

oluşan toplam Devlet Hakkı miktarı 42.354.255,41 YTL olup, bölgenin bu orana katkısı 5.760.703 YTL'dir. Bu miktarın oluşmasında sırasıyla en büyük pay Rize, Amasya, Ordu ve Tokat illerine aittir. Bölgenin ülke genelinde devlet hakkı ödemeleri içindeki oranı yaklaşık % 14 'tür. Güneydoğu Anadolu Bölgesi için bu oran % 2'dir.

Devlet Hakkı bazında son üç yılın verileri toplamı dikkate alındığında Rize'nin 2.939.869 YTL ile birinci sırada yer aldığı, bunu 1.131.120 YTL ile Artvin'nin, 726.643YTL ile Amasya'nın, 355.699 YTL ile Ordu'nun, 235.599 YTL ile Tokat'ın izlediği görülmektedir. Bu illerin dışında kalan illerin son üç yıllık Devlet Hakkı toplamının daha düşük değerlerde gerçekleştiği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- DİE, 2006, DİE İstatistik Veriler, Ankara
- Kavaklı, N., 2005. Teknik Nezaretçilik Seminer Notları, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye.
- Kaptan, E., Jesus, P. S., 1974. Türkiye Madencilik Tarihi İçin Genel Bir Araştırma, MTA Rap. No: 5226, MTA, Ankara.
- Topkaya, M., Bircan, A., 1947. Türkiye Madencilik Tarihi, Türk Ekonomisi, s. 45-47, Maden Mühendisleri Odası, Ankara.
- MİGEM, 2006, Maden İşleri Genel Müdürlüğü İstatistik Verileri, Ankara.



Oltu Balkaya Linyitleri ve Termik Santralde Kullanılabilirlikleri

Y. Kar & C. Bal, T. Salih Demir
Oltu Kömür Madencilik A.Ş., Erzurum

C. Demir
KTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Oltu-Balkaya linyitlerinin mevcut durum belirtilmiş ve daha geniş bir kapsamda değerlendirebilmeleri için tasarlanan çalışmalar ortaya konulmuştur. 1912 yılından beri gerek özel sektör gerekse devlet tarafından çalıştırılan bu kömür rezervlerinden maksimum fayda ve istihdam sağlanmak amacıyla yeni çalışmaların yapılması gerekliliği gündeme getirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda bölgeye kurulacak bir termik santralin gerekliliği kaçınılmaz hale gelmiştir. Oltu Balkaya linyitleri, gerek rezerv gerekse çalıştırılabilecek kalifiye elemanların bölgeden sağlanması açısından bir sorun teşkil etmeyeceği düşünüldüğünden termik santral için gerekli çalışmalar başlatılmıştır.

ABSTRACT: Oltu Balkaya lignite basin has been operated since 1912 and today it is mandatory to new planning operations to obtain maximum benefit and employment from existing reserves. Paralel to this goal it is inevitable to establish thermic plant in the region. Currently the planning work has been started in the region in which the qualified labour and reserve difficulties do not set a serious problem. This paper presents, the current state of production in the Oltu Balkaya lignite reserves and the planning work conducted to increase the benefits that can be taken from the basin.

1 GİRİŞ

Oltu Balkaya linyit sahası Erzurum ili sınırları içerisinde ve 1 / 25 000 ölçekli Kars G 48b4 – C1 d2 paftalarında yer almaktadır. Bu sahada çalışan jeologlar 20 adet kömür damarı belirlemişlerdir. Bu damarlardan devamlılığı olan 1,3,4,7,18,19 ve 20 nolu damarların rezervleri hesaplanmıştır. 1 / 5000 ölçekli jeolojik harita ve kesitler kömürün konumunun çizilmesinde esas alınmıştır.

Balkaya Linyit sahasında 1949 – 1981 yılları arasında 8 adedi TKİ, 50 adedi MTA kurumu tarafından olmak üzere 58 adet sondaj yapılmıştır. Bu sondajlarda 12766,08 metre ilerleme kaydedilmiştir. 1949 – 1977 yılları arasında yapılan sondajların endüstriyel analizleri bulunmadığından bu sondajlardan yalnız kömürün konumunun ve sahanın mümkün rezervinin saptanmasında yararlanılmıştır. Kömürlü sahanın görünür ve muhtemel rezerv toplamı 1979-1981 yılları arasında yapılan 15 adet sondaja bağlı olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla 1000 kcal/kg'ın üzerinde kalorik değere sahip ve 0,60 metrenin üzerinde kömür kesen

sondajlar değerlendirilmiş ve sahada toplam 1.450.000 ton gör görünür linyit rezervi poligon yöntemiyle hesaplanmıştır.

Sahanın muhtemel rezervi 3.500.000 ton, görünür rezervi 1.450.000 ton ve hazır rezerv i ise 360.000 ton dur. Hukuku TKİ'nin bünyesinde bulunan İR: 4013 nolu Balkaya kömür sahası Temmuz 2002 tarihine kadar TKİ kurumu tarafından işletilmiştir. Saha ekonomik olduğundan 05.11.2002 tarihinde özel sektöre (Aşkale Çimento Sanayi Tic. A.Ş.) rüdevans karşılığı verilmiştir. 15.07.2004 tarihinde bu saha Oltu Kömür Madencilik San. Tic. A.Ş.'ne tüm varlığı ile satılmıştır. Sahanın devri 18.07.2004 tarihli sözleşme ile gerçekleşmiştir.

2 BALKAYA LİNYİTLERİNİN FİZİKSEL ve KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Tamamı 70 mm'nin altına kırılan Oltu-Baydere kömür numunesinin kuru bazda komple analiz sonuçları Tablo 1'de, boyut ve boyuta göre kül ve kükürt dağılımları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Baydere kömür numunesinin kuru bazda komple kömür analiz sonuçları

Eleman	İçerik
Toplam Nem, %	7,80
Toplam Kükürt, %	1,90
Kül, %	39,39
Sabit Karbon, %	28,51
Uçucu Madde Miktarı, %	32,10
Üst ısı değeri, %	4445

Tablo 2. -70 mm altına kırılan Oltu-Baydere kömür numunesinin boyut ve boyuta göre kül ve S dağılımları

Boyut, mm	Miktar, %	Kül, %	Kükürt, %	Kül Dağılım, %	Kükürt dağılım, %
+ 50	31,6	32,48	3,18	26,5	40,0
-50 +30	15,2	35,68	2,94	14,1	17,8
-30 +19	11,1	40,16	1,78	11,6	7,9
-19 +6	21,1	42,16	2,21	23,0	18,6
-6 +1	14,7	43,76	1,77	16,7	10,4
-1	6,3	50,02	2,10	8,1	5,3
Toplam	100,0	38,62	2,51	100,0	100,0

3 ÜRETİM PLANLAMASI

3.1. Saha Koordinatları

İli/İlçesi/Köyü : Erzurum/Şenkaya/Balkaya

Madenin Cinsi : Maden kömürü (linyit)

Ruhsat numarası : İR: 4013 15.07.2004

Alanı : 4508,09 hektar

Saha Koordinatları

1/25.000 lik pafta no : 36648C1.36G48B4.36G48D2

Tablo 3. Saha Koordinatları

	1. nokta	2. nokta	3. nokta	4. nokta	5. nokta	6. nokta
Sağa (Y)	69.995	71.780	72.325	68.200	68.200	66.875
Yukarı (X)	17.350	13.475	12.250	10.850	11.050	10.935
	7. nokta	8. nokta	9. nokta	10. nokta	11. nokta	12. nokta
Sağa (Y)	68.200	70.670	65.580	62.525	66.940	67.150
Yukarı (X)	10.360	4.800	7.690	10.175	13.460	13.450

3.2. Sahanın Mevkii

Saha; Susuz, Balkaya, Uğurlu, Kömürlü, Deliktaş köylerini içine alacak şekilde bir yayılım gösterir. Çalışma yapılacak bölgelerde yağmur suları ve ocaktan basılacak sular dışında işletmeyi etkileyecek büyük yada küçük dere yatakları yoktur.

3.3. Tektonik Durum

Sahanın kuzeyinde büyük bir bindirme fayı vardır. Batı kanadında bindirme fayı kömür damarlarını içeren serilere daha yakın olup doğuya uzaklaşma eğilimindedir. Bindirme fayının bulunduğu bölgede yüksek basınç dolayısıyla kalori bazında kömür kalitesinde yükselmeler görülmektedir

3.4. Baydere – 1 Nolu Ocak

Saha içerisinde yer alan 20 nolu kömür damarında devlet tarafından büyük hazırlıklar tamamlanmış ve 300.000 ton kömür üretime hazır hale getirilmiştir. Ocakta nakliyat, havalandırma, tahkimat, su atımı ve elektrik tesisleri faal durumdadır. Şu anda 1245 koduna kadar üretim yapılmaktadır. Bu ocakta 105 işçi ile günde ortalama 150 ton tüvenan kömür üretimi gerçekleştirilmektedir.

3.5. Kalebaca – 1 Nolu Ocak

Saha içerisinde yer alan 18-a nolu kömür damarında Aşkale Çimento San. Tic. A.Ş.'i tarafından büyük hazırlıkları başlatılmış, 100 m uzunluğunda B-8 kesitinde desandri ve 150 m boyunda B-5 kesitinde doğu ve batı olmak üzere iki adet taban yolu çalışmaları tamamlanmıştır.

3.6. Kalebaca -2 Nolu Ocak

Saha içerisinde yer alan 18-a nolu kömür damarında Aşkale Çimento San. Tic. A.Ş.'i tarafından hazırlıkları başlatılmış, 180 m uzunluğunda B-8 kesitinde iki desandri ve 2500 m boyunda ve B-5 kesitinde doğu ve batı olmak üzere dört adet taban yolu çalışmaları tamamlanmıştır. Yaklaşık 100.000 ton kömür üretime hazır hale getirilmiştir. Ocakta nakliyat, havalandırma, tahkimat, su atımı ve elektrik tesisleri faal durumdadır.

Yaklaşık 100 işçi ile günde ortalama 120 ton tüvenan kömür üretimi gerçekleştirilmektedir. Kalebaca – 2 nolu ocakta 18-a damarında sürülen lağımla 18-a damarı kesilmiştir. 60 m doğuya kılavuz sürülmüştür. Damar kalınlığı 2 m civarındadır. Mevcut damarın görünür rezervi 200.000 tondur. Her iki ocakta ortalama günlük üretim 260 ton olarak gerçekleşmektedir bu veriler hazırlık dönemine aittir. Üretim dönemindeyse günlük üretim 300 ton dur.

3.7. Topuklar

3.7.1 Sülfaz Topukları

Özellikle yağışlı mevsimlerde su baskınları ve yüzeyin bozulmuş yapısının ayaklar üzerindeki olumsuz etkisinin giderilmesi amacıyla sülfazla irtibatı bulunan panolarda sülfazdan itibaren damar meyili boyunca 10 m'lik bir kısım topuk olarak bırakılacaktır.

3.7.2 Galeri Topukları

Üretim faaliyetlerinin devam edeceği ana nakliye galerileri ve desandrelere topuklar bırakılacaktır. Topuk miktarı galerinin ve desandrenin işlevine bağlı olarak değişiklik gösterebilecektir.

3.8. Üretim Yöntemi

Üretim yöntemi olarak yer altı işletmeciliği uygulanmaktadır. Damar eğimi 30 – 60 derece arasında değişmektedir. Göçertmeli uzun ayak (diyagonal ayak) sistemi ile üretim yapılmaktadır. Ayak boyu en fazla 80 m dir. Bu uzunluk ayağın kolaylıkla kontrolü ve işletmeciliği bakımından ideal sayılabilecek bir uzunluktur.

Ayıklarda kazı martopikörlerle yapılmaktadır. Ayıklarda arına paralel sarma olarak tanımlanan tahkimat sistemi kullanılmaktadır. Tahkimatta kullanılacak maden direği sarma, çatal, ve kamalar aşşap malzemedendir.

Haveler ortalama 1.2 m olarak açılmakta, her sarma için tavan taşıyıcının cinsine bağlı olarak yeterli sayıda kama kullanılmaktadır. Domuz damları 1 sarmaya 2 adet isabet edecek şekilde kalın kutur maden direğinden yapılmaktadır. Mevcut halde üretim yapılan ocaklarda 400 m taştta sürülen desandre, 25 derece eğimle sürülmüş ve rekupla kömür damarı kesilmiştir. Nakliye ise tonluk vagonlarla vinç – halat sistemiyle yapılmaktadır.

4 EKONOMİK BİLGİLER

4.1 Pazarlama

Kömür, sanayinin en önemli girdilerinden biri olması dolayısıyla en önemli enerji kaynaklarından birisidir. Yakıt olarak kullanılmaktan başka bir çok sanayi kolunun en temel enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bölgemizde kömür tüketimi sanayi kuruluşlarında ısınma ve ısıtmada olmaktadır.

4.2 Pazar Yerleri ve Alternatifleri:

Ocakta tüvenan, 0-18 mm toz ve + 18 mm parça kömür olmak üzere üç kalitede kömür pazarlanabilecektir. Toz kömür ve tüvenan kömür, Erzurum ve Kars illerinde kurulu tuğla fabrikalarına, kireç ocaklarına ve çimento fabrikalarına, parça kömür ise çevre illerde ve ilçelerdeki kişi ve kuruluşlara yakacak olarak verilecektir. Ayrıca Erzurum ve çevre illerin Sosyal Dayanışma Vakıflarının ihtiyacı olan 70.000 ton parça kömür pazarı mevcut durumdadır.

4.3- Kömürün nitelik ve nicelik değerleri:

Balkaya kömür havzası 1979 yılında devletleştirilmiş olup, bu tarihten günümüze kadar işletme istatistik bilgileri kömürün kalitesi ve kimyasal özellikleri hakkında kesin verilere haizdir.

Sahada üretilen yalnızca elle ayıklama ile zenginleştirilen toz kömürün kalori değerleri 2.400 kcal/kg ila 4.500 kcal/kg arasında değişmektedir. Yine aynı sahada üretilen ve elle zenginleştirilen

parça kömürün kalori değeri 5.000 kcal/kg ile 7.200 kcal/kg arasında değişmektedir. Balkaya linyitleri için yapılan bir çalışmada 3.000 kcal/kg tüvenan kömürler yıkama (lavvar) ile zenginleştirildiğinde kalori değerleri 5.000 kcal/kg ile 7.200 kcal/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu veriler bize yerli Balkaya kömürleri zenginleştirildiğinde, ithal kömürlerin kriterlerine eş değer olduğunu göstermektedir.

5. LİNYİT REZERVLERİNİN MEVCUT KONUMU VE POTANSİYELİ

Fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür) sadece enerji hammaddesi değil; aynı zamanda bir çok sanayinin (boya, plastik, eczacılık, kozmetik, demir-çelik, alüminyum, vs gibi) ana girdilerinin üretildiği hammaddelerdir. Bugünkü tüketim seviyeleri ile, dünya petrol rezervlerinin 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 60 yıl ve linyit rezervlerinin ise 156 yılda tükeneceği tahmin edilmektedir. Bu karşılaştırma, sadece günümüz teknolojileri kullanarak ekonomik olarak işletilebilecek linyit rezervlerini kapsamaktadır. Düşük kaliteli ve daha derinde bulunan linyitlerin ekonomik olarak değerlendirilmesine olanak sağlayacak gelişmeler dikkate alınmamıştır. Kömür üretimi sermaye ve emek-yoğun bir madencilik türüdür. Ancak, piyasa koşulları ve teknolojiye yenilikler kömür üretim maliyetlerinin son 30 yıl boyunca istikrarlı gitmesini sağlamıştır. Yeni kömür ocaklarının açılması, yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve işçilik verimlerinin artması kömür fiyatlarında istikrarın başlıca nedenleri olmuştur. Petrol ve doğalgaz sektöründe, yeni rezervler giderek pazarlardan uzakta hatta okyanusların derinliklerinde bulunabilmektedir. Bu rezervlerin tüketime sunulabilmesi için, boru hattına ve diğer ekipmanlara büyük sermaye yatırımı yapılması gerekmektedir. Buna karşın, Kolombiya, Endonezya ve Avustralya'daki gibi yeni üretime açılan kömür sahaları, oldukça uygun konum ve jeolojik koşullara sahiptirler. Bu durum, alt yapı giderlerinin ve böylece, üretim maliyetlerinin düşmesine neden olmaktadır. Türkiye kömür rezervleri içinde büyük pay 8,26 milyar ton'la linyite aittir. Toplam 65,2 milyon ton olan linyit üretiminin 1998 yılı itibarıyla %80'i termik santrallerde, %19'u ısınma ve sanayide tüketilmiştir. Bunun temel nedeni, dünya linyitleriyle karşılaştırıldığında linyitlerimizin daha düşük ısı değerine sahip olmasıdır.

6 TÜRKİYE'DE MEVCUT LİNYİT DURUMU

Türkiye'de linyit üretimi, hem yeraltı hem açık ocak işletmecilik yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Linyit rezervlerinin %75'i kamu sektörünün, kalan

%25'i özel sektörün kontrolünde olup linyit üretiminin %90'ı kamu sektörü, %10'u özel sektöre aittir. Linyit rezervlerinin bulunduğu yerler ve miktarları, üretim işletmeleri ve geliştirilen yıllık üretim miktarları, satış miktarı ve hasılatlar, ürün standart ve özellikleri, ürün satışının sektörel dağılımı, üretim yapan kamu ve özel kuruluşlar, üretim maliyetleri ve satış fiyatları Tablo 4'de gösterilmiştir.

YIL	LİNYİT			ASFALTİT		
	TKİ+TEAŞ	ÖZEL	TOPLAM	TKİ	ÖZEL	TOPLAM
1980	13.079	1.380	14.469	558	-	558
1985	30.470	5.599	35.869	523	-	523
1990	36.584	7.823	44.407	276	263	539
1991	37.560	5.647	43.207	139	261	400
1992	42.184	6.204	48.388	212	263	475
1993	38.687	7.198	45.885	99	224	323
1994	45.990	5.543	51.533	-	117	117
1995	47.131	5.627	52.758	67	80	146
1996	49.356	4.533	53.889	37	72	109
1997	50.194	7.193	57.387	29	88	117
1998	58.694	6.510	65.204	23	72	93

2000 yılı verilerine göre 8,38 milyar ton linyit, 81,7 milyon ton asfaltit olmak üzere 8,46 milyar ton rezerv bulunmaktadır. Bu rezervin %34,25'i TKİ, %39,89'u TEAŞ ve %25,86 'sı da özel sektör ruhsatlarında bulunmaktadır. Ortalama 170 m'ye kadar aramaları büyük ölçüde tamamlanan linyit sahalarımızdaki toplam rezervin yaklaşık %65'inin; jeolojik aramalar, fizibilite çalışmaları ve kömür üretim maliyetleri dikkate alındığında, termik santral amaçlı üretimlerinin ekonomisi bulunmaktadır. Ekonomik olarak üretilmesi mümkün olan bu rezervin ise yaklaşık %61'i Elbistan havzasında bulunmaktadır. Toplam Türkiye rezervinin %35'i ise gerek ayrıntılı jeolojik arama çalışmalarının yeterli oranda yapılmadığı, fizibilite çalışması olmayan ya da jeolojik ve fizibilite çalışmaları tam olarak yapılmış ancak zararına işletilen ve işletilecek olan linyit sahaları ile küçük ölçekli üretim kapasitesine sahip özel sektör sahalarında bulunmaktadır. Ekonomik bir şekilde işletmeciliği yapılan ve yapılacak sahalarındaki linyit rezervlerin gerek kimyasal özellikleri, gerekse talep itibariyle ağırlıklı olarak değerlendirme alanı termik santrallerdir. Kamu sektörü ruhsatlarındaki toplam 6,3 milyar ton rezervin yaklaşık 2 milyar ton'luk bölümünde üretim faaliyetleri sürdürülmektedir ki bu rezerv miktarı, ekonomik olarak değerlendirme imkanı bulunan ve toplam rezerv içindeki %65'lik rezerv diliminin %36'sını kapsamaktadır. Dolayısıyla, ekonomik bir

şekilde işletmeciliği yapılabilecek ve termik santrallerde elektrik üretimine yönelik değerlendirilebilecek yaklaşık 3,5 milyar ton rezerv mevcuttur. Mevcut 6.233 MW kurulu gücündeki termik santrallerle ilave olarak 10.653 MW gücünde yeni termik santrallerin tesis edilmesi mümkündür. Ancak, 2x300 MW'lık Çayırhan 5-6, 2x300 MW'lık Soma C ve 300 MW'lık Tunçbilek santrallerinin kömürünün yeraltı işletmelerinden karşılanacağı ve kömür üretim maliyetlerinin 50 \$/ton seviyesinde olması dikkate alındığında, bu kömür üretim projelerinin ya sübvansede edilmesi, ya özel sektör eliyle 30 \$/ton maliyetin altında üretiminin gerçekleştirilmesi, ya da maliyet + kar esasının santral işletmecisi tarafından kabul edilmesi gerekmektedir. Kamu ve özel sektör tarafından yapılması planlanan santrallerin ilavesi ile linyit kaynaklarına dayalı olarak termik santrallerin kurulu gücü 16.886 MW'a ulaşacaktır. Ülkemizde her geçen yıl kömür ve doğal gaz gibi ithal kaynakların kullanımı artarken, ısınma ve sanayi sektöründe yerli kömürlerimizin kullanımı düşmektedir. Kamu ve özel sektör kömür üreticileri, gelecek yıllarda yaygın olarak doğal gazın kullanımı ile ısınma ve sanayi sektöründe kömür tüketiminin daha da düşeceği gerçeğinden hareket ederek kömür üretim ve pazarlama politikalarında zorunlu olarak değişikliğe gitmek durumunda kalacaklardır. Isınma ve sanayi sektörüne verilen kömürlerin, gelecekte elektrik üretimi amacıyla tesis edilecek yeni termik santrallerde değerlendirilmeleri yönünde politika ve planlamaların yapılması kaçınılmaz görülmektedir. Aksi takdirde, özellikle ithal kömür ve doğal gaz pazarında yerini korumaya çalışan ve zorlukla ayakta duran özel sektöre ait işletmelerin kapanması, kamu işletmelerinin bilançolarında olumsuzlukların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Aynı havzada üretim faaliyetlerini sürdüren kamu ve özel sektör kömür üreticileri birlikte kurulacak bir termik santralin kömürünü karşılayabilecekleri gibi özel sektör üreticileri de kendi aralarında oluşturacakları organizasyon ile aynı faaliyeti gerçekleştirebilirler. Böyle bir politika ve planlamada kömür üreticileri Manisa, Kütahya, Çorum- Amasya, Balıkesir-Bursa, Erzurum-Erzincan, Eskişehir-Afyon gibi bölgesel bazda konuyu ele alarak tesis edilebilecek termik santrallerin kömürünün karşılanmasına yönelik bir organizasyona gidebilirler. Böylece, linyit kaynaklarına dayalı olarak yaklaşık 16.886 MW'lık termik santral kurulu gücü yaklaşık 20.000 MW'a ulaşabilecektir.

7 BALKAYA LİNYİTLERİNİN TERMİK SANTRALLERDE KULLANILABİLİRLİKLERİ

Oltu Kömür A.Ş. tarafından Erzurum ili Oltu ilçesi Balkaya yöresinde gerçekleştirilmesi planlanan Birleşik Isı ve Güç Santrali Projesi Fizibilite

çalışması kapsamında; 10,5 MW elektrik üretim güç kapasiteli birleşik ısı ve güç santrali yatırımları ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında, 10,5 MW elektrik üretim güç kapasiteli ısı ve güç santrali ile 76.000 ton/yıl linyit kömürü ve diğer yardımcı malzemeler kullanılarak; iç ihtiyaçların çıkarılmasından sonra dışarıya satılabilecek net elektrik gücü 8 MW'dir.

Çalışma kapsamında, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Vakfı İktisadi İşletmeleri tarafından temsili olarak alınan Oltu – Baydere linyit kömürleri üzerinde yapılan bir dizi zenginleştirme deneyleri de bulunmaktadır. Araştırmanın amacı, Erzurum – Oltu Baydere linyit kömürlerinin metalurjik özelliklerinin belirlenmesi ve % 10'dan az küllü yakıt olarak üretilebilme imkanlarının araştırılmasıdır.

Parça boyutu 70 mm altı olan kömür numunelerinin öncelikle yapısal, kimyasal ve fiziksel özellikleri tespit edilmiş ardından değişik boyutlarda fraksiyonel yüzdürme batırma deneyleri yapılmıştır. Daha sonra 1mm altına indirilen kömür numuneleri ile sarsıntılı masa ile zenginleştirme deneyleri yapılmıştır.

Oltu-Baydere kömürü ile -70 +1 mm boyut grubu ile yapılan yüzdürme-batırma deney sonuçlarından, 1,4 ve 1.7 gr/cm³'lük yoğunluk değerleri kullanılarak bir zenginleştirme yapılması durumunda; yüzen ürün olarak girenin % 31,9'u oranında, % 9,31 küllü ve yaklaşık 6.400 kcal/kg kalorifik değere sahip temiz bir kömürün üretilebileceği, girenin % 29,4'ü oranında, % 28,01 küllü bir kömürün ara ürün olarak alınabileceği ve % 38,7 oranında % 67,80 küllü malzemenin ise atık olarak uzaklaştırılabileceği belirlenmiştir. Sarsıntılı masa sonuçlarından girenin % 40,4'ü oranında, % 11,18 küllü ve 2.14 kükürt içerikli temiz bir kömür konsantrasyonunun üretilebileceği anlaşılmıştır.

Günümüzün sanayileşmiş dünyasında buhar, kritik bir kaynaktır. Kağıt ve diğer ağaç ürünlerinin üretimi, madenlerin işlenmesi, birçok endüstri dalında ısı enerjisi gereksiniminin karşılanması, yiyeceklerin hazırlanması ve servisi, büyük binaların ısıtma ve soğutması, pompa ve kompresör gibi çeşitli ekipmanların çalıştırılması için buhar kullanımı şarttır. Ancak, yine de buharın en önemli önceliği elektrik üretiminde birincil kaynak olmasıdır. Buhar, herhangi bir yakıttan sağlanan enerjiyle dünyanın her yerinde rahatlıkla üretilebildiği için, her türlü enerji uygulamasında yer alan en önemli ikincil enerji kaynağıdır.

Oltu Bölgesinde kurulması düşünülen, linyit kömüründen yararlanılarak 42 bar basınçta ve 450°C buhar ile kurulacak tesiste, ara buharlı türbinlerden

alınacak buhardan yararlanarak elde edilecek kızgın suyun, 2.500 konut eşdeğeri ısı ile Oltu ilçesinin ısıtılması planlanmaktadır. Buharın Oltu yakınında bir bölgeye taşınması ve kızgın su sisteminin Oltu'ya kurulması uzun mesafede (yaklaşık 20 km) buharın taşınması ile oluşacak ısı kayıpları nedeniyle uygun olmadığından ele alınmamıştır. Kızgın su sisteminin santral yanına kurulup, elde edilecek kızgın suyun Oltu ilçesine taşınması durumunda, 150/65°C gidiş dönüş sıcaklık ve 20 bar basınç şartlarında dizayn edilecek kızgın su için, üretim merkezinden ilçeye gidiş dönüş primer devre şebeke hattı çekilecektir. Buna göre, 21,5 Gcal/saat kapasitesinde kurulacak 150°C lik kızgın su sisteminde, 260 t/saat'lik kızgın su ihtiyacı olacaktır. Santralde ara ürün olarak üretilecek olan buhar (4.500 saat – 6 ay) daha sonra kızgın suya dönüştürülerek dağıtımı yapılacak ve satılacaktır.

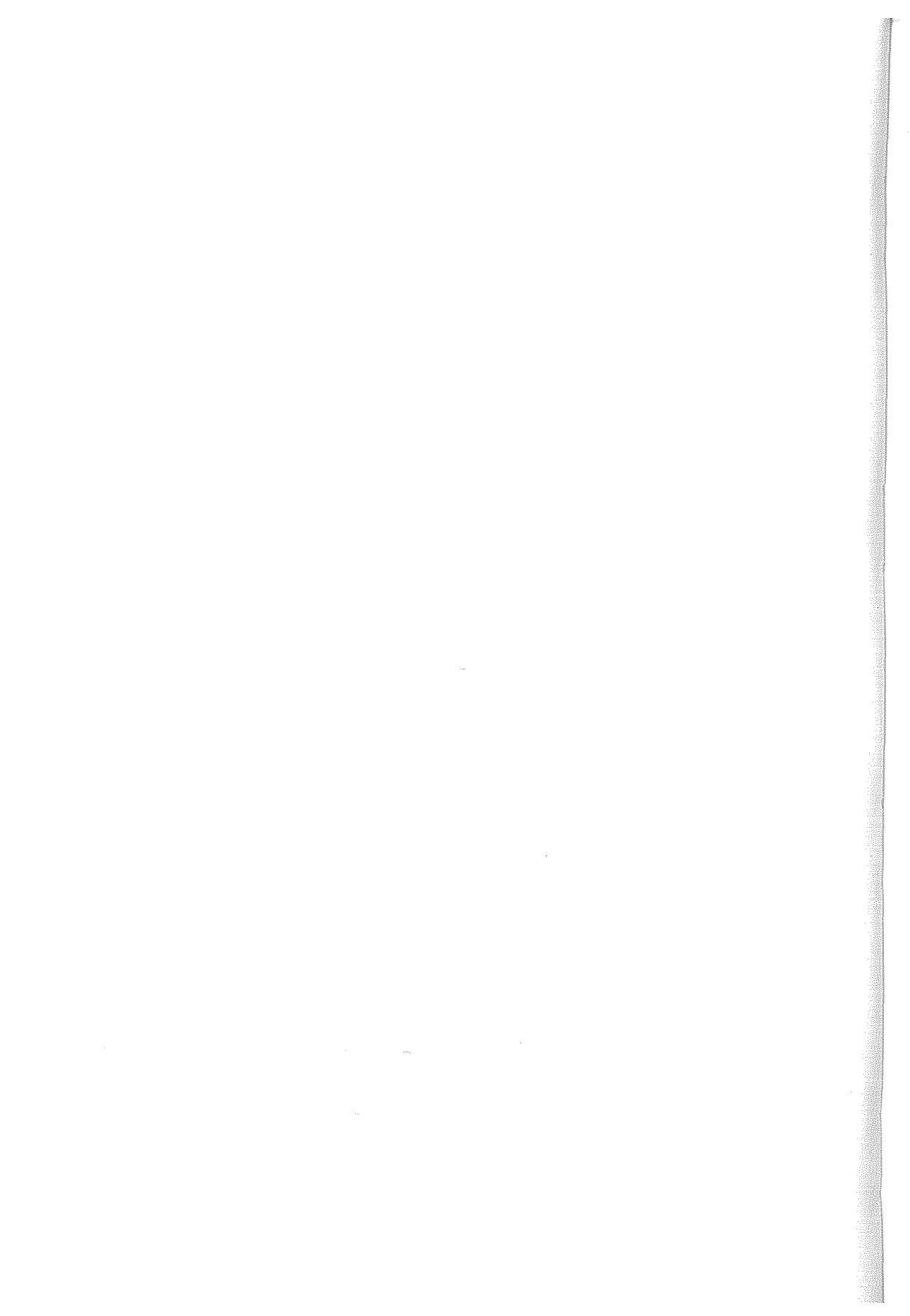
Şubat 2006'da yatırım kararının alınmasından ardından, Eylül 2006'da tesis kurucu firmayla sözleşmenin yürürlüğe girmesiyle yatırıma başlanması planlanmıştır. Tesislerin ticari işletme başlangıcının Aralık 2007, kesin kabulün ise Ocak 2008'de gerçekleşerek yatırımların tamamlanacağı kabul edilmiştir.

8 SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Balkaya Linyitleri ele alınmış mevcut çalışmaların yeni çalışmalarla desteklenerek bölgeye yeni bir hareketin sağlanması gerekliliği ortaya konulmuştur. Kurulacak bir termik santralin bölgedeki linyit rezervini kullanışlı hale getireceği aşikardır. Bölgedeki istahdam olanakları artırılabilecek ve mevcut rezerv bu şekilde değerlendirilmiş olacaktır. Bu kapsamda mevcut linyit kömürünün analizleri İTÜ Maden Fakültesi'ne yaptırılmış sonuçlar ise olumlu çıkmıştır. Bölgeye gerek devlet sektörü gerekse özel sektör tarafından girişimciler davet edilmiş kısa vadede gerekli çalışmalara başlamak için çalışmalar başlatılmıştır.

KAYNAKLAR

2006, Oltu Kömür A.Ş. Birleşik Isı ve Güç Santrali Fizibilite Raporu, İTÜ Maden Fakültesi, İstanbul
Yıldıztekin, G. , 2004, Balkaya Linyitleri, Erzurum Linyit Raporu, 2006, Maden Mühendisleri Odası, Ankara



Gümüşhane-Mastra Altın Madeni

A. V. Oygür

Koza Altın İşletmeleri A.Ş., Mastra Proje Müdürlüğü, Gümüşhane

ÖZET: Mastra altın yatağı, Eosen yaşlı andezitik-bazaltik lavlar ve piroklastiklerdeki fay zonlarında yerleşmiş epitermal kuvars damarlarından oluşmaktadır. Altın taneleri 5-20 mikron büyüklüğünde ve serbest haldedir. Sülfid mineralleri damarlar içerisinde düzensiz olarak dağılmıştır. 12 g/t altın ve 8 g/t gümüş tenöründe 1 milyon ton cevher kaynağı belirlenmiştir. Madencilik faaliyeti açık ocak ve yeraltı ocağından birlikte yapılacaktır. Yeraltı ocağı için 440 m uzunluğunda ana nakliye yolu ve biri 275 m ve diğeri 230 m uzunluğundaki iki yan yol olmak üzere toplam 945 m galeri sürülmüş durumdadır. İşletme tekniği olarak, geleneksel kes-doldur yöntemi seçilmiştir. Cevher yukarı doğru alınarak üretim devam edecektir. Hazırlık çalışmaları sürdürülen yeraltı maden ocağında üretimin 2006 yılında başlaması planlanmıştır. Üretilen cevherden altın ve gümüş, Mastra'da kurulacak olan tesiste siyanür liçi yöntemiyle (CIP) kazanılacak ve dore külçe dökülecektir. Proses atığı, INCO SO₂/Hava prosesi ve Fe-sülfat ağır metal stabilizasyonu ile kimyasal bozundurmaya uğrulanacak ve geçirimsiz olarak inşa edilecek atık deposunda bertaraf edilecektir.

ABSTRACT: Mastra gold deposit consist of epithermal quartz veins situated along the fault zones within the andesitic-basaltic lavas and pyroclastics in Eocene age. Gold particles are 5-20 micron in size and existed in negative form. Sulfide minerals are irregularly distributed within the veins. An ore resource of 1 million tons at a grade of 12 g/t gold and 6.5 g/t silver has been determined. Mining will be operated from underground and open pit. Cut-and-fill method will be applied at the underground mine. The extraction from the underground will be commenced in 2006. Gold and silver recovery from the ore will be as doré bullions by CIP method in the plant which will be constructed in Mastra. The process tailings will be detoxified by INCO SO₂/Air process and the heavy minerals stabilized by Fe-sulfate method, and then discharged to the impermeable tailings pond.

1 GİRİŞ

1.1 Madenin Konumu

Mastra altın madeni, Trabzon'un 70 km güney batısında ve Gümüşhane'nin 9 km kuzey batısında, Demirkaynak köyünün yakınlarındadır (Şekil 1).



Şekil 1. Mastra altın madeni yer bulduru haritası

Madene, Trabzon-Gümüşhane karayolu üzerinden, Torul ilçesini geçtikten sonra, İksu mevkiindeki Şiran yolu ayrımını oluşturan köprüden sağa saparak varılır. Bu yol ayrımından 5 km sonra, Demirkaynak köyü yol ayrımından itibaren 2,5 kilometrelik stabilize yol ile madene ulaşılır.

1.2 Madenin Tarihçesi

Maden sahasının yakın kuzeyinde, 1960'lı yıllarda, Dedeman Madencilik A.Ş. bir bakır-kurşun-çinko işletmesi yaptıysa da altın-gümüş cevherleşmesinin varlığı, ilk kez, 1989 yılında MTA elemanları tarafından keşfedilmiştir (Kansız ve Akıncı, 1991). Bu çalışma sırasında, cevherleşme ve alterasyon haritalanmış, sahada 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Normandy (Avustralya) ve BRGM (Fransa) şirketlerinin ortaklığı olarak Türkiye'de kurulmuş olan Eurogold Madencilik A.Ş., 1993 yılında MTA

Genel Müdürlüğünden maden ruhsatını satın almıştır. Şirket, ruhsat sahasında ayrıntılı bir maden jeolojisi çalışması yürütmüş, toprak ve kaya jeokimyası yapmıştır. Damarları haritaladıktan sonra, 1993-1996 döneminde, sahada 14 bin metre sondaj yapmıştır. Ön fizibilite çalışması olumlu çıktıktan sonra yatırım yapmaya karar vermiş ve yeraltı ocağının ana nakliye yolunu sürmüştür. 1997 yılında, aynı şirkete ait Bergama-Ovacık altın madeninin ÇED olumlu görüşü aleyhine Danıştay tarafından yürütmeyi durdurma kararı verilmesi üzerine Mastra altın madenindeki yatırım askıya alınmıştır.

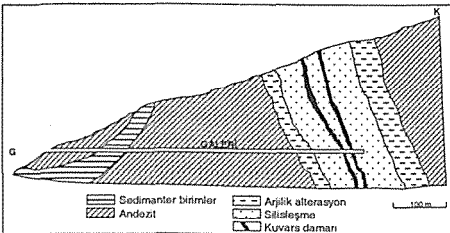
Ovacık altın madeninin 2001 yılında işletmeye alınmasının ardından Newmont Mining (ABD) şirketi, 2002 yılında Normandy Mining şirketini satın alarak Ovacık ile birlikte Mastra'nın da sahibi olmuştur. Newmont ve Dedeman, Mastra'da madencilik yolunu açmak amacıyla, 2004 yılında, hisseleri yarı yarıya paylaşarak Mastra Madencilik A.Ş. şirketini kurmuşlardır.

Koza İpek Holding, Mart 2005'te, Newmont'tan Ovacık ile birlikte Mastra'nın yarı hissesini ve Ağustos 1995'te de Dedeman'dan Mastra'nın diğer yarı hissesini satın almıştır. Hisselerin tamamına sahip hale gelen Koza Altın İşletmeleri A.Ş., biran önce işletmeye alabilmek için Eylül 2005'ten itibaren Mastra'da madencilik yatırımlarına başlamıştır. Cevher kaynağını rezerv haline getirmek için yeraltından 7500 m sondaj daha yapmış, 10 senelik bekleme nedeniyle galeride meydana gelen tahribatı tamir etmiş ve üretime hazır hale getirmiştir.

2 ALTIN YATAĞININ JEOLJİSİ

2.1 Maden Jeolojisi

Mastra altın yatağı, Eosen yaşlı andezitik-bazaltik bileşimli lavlar ve piroklastikler (Korkmaz ve diğerleri, 1995) içerisine yerleşmiştir. Epitermal kuvars damarlarından oluşan cevherleşme 1,3 km uzunluğundaki bir hat boyunca izlenebilmektedir. Cevherli kuvars damarları, kuzeybatı yönlü ve 60-80° KD dalımlı bir doğrultu atımlı fay zonuna yerleşmiş durumdadır. Bu kırık hattı boyunca, genişliği 200 metreye kadar ulaşan bir hidrotermal alterasyon zonu belirgindir (Şekil 2).



Şekil 2. Mastra altın yatağı enine jeolojik kesit

Mastra'da, "Batı" ve "Doğu" olarak adlandırılmış iki paralel kuvars damarı mevcuttur. Doğu ucunda birleşen damarlar arasındaki mesafe 10-40 m arasında değişmektedir. Damarların kalınlığı 0,4-10 m arasında değişmekte olup, ortalama 3 m dir. Bu damarlar, içte silisleşme ve dışta arjilik alterasyon zonlarıyla çevrilidir. Damarlarda, epitermal sistemin belirgin özelliği olan hidrotermal breşleşme, boşluk dolguları, bantlı yapılar görülmektedir.

Cevher damarlarında gang mineralleri olarak kuvars, illit, barit, kalsit, dolomit ve adularya görülmektedir. Cevher mineralleri olarak nabit altın, nabit gümüş, pirit, galenit, kalkopirit, sfalerit ve tetraedrit-tennantit tespit edilmiştir. Altın kalkopirit ile ilişkili olup, piritten bağımsızdır. Altın taneleri 5-20 mikron büyüklüğünde ve serbest haldedir (LaSource, 1995). Sülfid mineralleri damarlar içerisinde düzensiz olarak dağılmıştır. Karakteristik cevher ve gang minerallerine göre, Mastra altın yatağı düşük sülfidleşmeli kuvars-adularya epitermal tipi olarak adlandırılır.

Cevher iki tipe gruplandırılabilir (LaSource, 1995): Düşük Bakır Tipi ve Yüksek Bakır Tipi (Çizelge 1).

Çizelge 1. Cevher damarlarında dağılımı metallerin dağılımı.

		Düşük Bakır	Yüksek Bakır
Au	g/t	27,3	11,8
Ag	g/t	5,1	7,4
Cu	ppm	1190	4640
Pb	ppm	1690	5320
Zn	ppm	380	7450
Kaynaktaki oranı	%	36	64

Hidrotermal alterasyon sonucunda, cevherli kuvars damarlarının çevresindeki kayalar tamamıyla bozuşmuştur. Damarların çevresinde, içten dışa doğru arjilik ve propilitik alterasyon görülmektedir. Arjilik alterasyon zonunda kaolinit, kuvars, jips, limonit, jarosit ve illit bulunur. Propilitik zondaysa pirit, klorit, kalsit ve epidot görülür. Bu zonda cevherleşme bulunmamaktadır.

2.2 Kaynak

Ön fizibilite çalışması sonucunda, görünür-muhtemel-mümkün kaynak sınıfında, ortalama 12 g/t Au ve 8 g/t Ag tenöründe yaklaşık 1 milyon ton cevher hesaplanmıştır (LaSource, 1995) (Çizelge 2).

Çizelge 2. Mastra altın yatağı kaynak hesaplaması

Kaynak Sınıfı	Ton	Tenör (Au g/t)	Altın içeriği (ons)
Görünür-Muhtemel	719.500	13,7	316.900
Mümkün	269.000	8,7	75.200
TOPLAM	988.500	12,3	392.100

Bu kaynak, cevher damarlarının yüzeyde görüldüğü 1450 m ile galerinin bulunduğu 1300 m kotları arasındaki bölümü için hesaplanmıştır. Koza tarafından 1300 m kotunun altındaki cevher potansiyelini ortaya koymak amacıyla yapılan yeraltı sondajları sonucunda potansiyelin artması beklenmektedir.

3 MADEN İŞLETMESİ

Mastra maden yatağı, hem açık ocak hem de yeraltı ocağı ile işletilecektir. Madenin işletme ömrü, mevcut bilgilere göre, 5,5 yıl olarak planlanmıştır. İlk 3 yıl açık ocak ve yeraltı birlikte çalışacak, daha sonraki 2,5 yıl sadece yeraltından üretim yapılacaktır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Mastra altın madeni üretim hızı

	Üretim Hızı (t/y)	Üretim Ömrü (y)	Üretim (t)
Açık Ocak	150.000	3	450.000
Yeraltı Ocağı	100.000	5,5	550.000

3.1 Açık Ocak

Damarların yüzeye yakın kısımlarındaki cevher açık ocaktan alınacaktır. Açık ocaktaki çalışmalar 2 vardiya olarak ve yaz-bahar aylarında sürdürülecektir. Açık ocak 1450 m kotundan başlayarak 1370 m kotuna kadar inecektir. Basamak yüksekliği 20 m ve basamaklardaki yamaç eğimi 55° olacaktır. Açık ocaktan üretime 2007 yılı yaz aylarında başlanması planlanmaktadır.

3.2 Yeraltı Ocağı

Yeraltı üretimini yürütmek üzere 1300 m katında toplam 945 metre uzunluğunda ana nakliye yolu hazır durumdadır. Ana nakliye yolu 440 metresinde bir çatal yaparak, soldaki 230 m ve sağdaki 275 m olmak üzere iki yol halinde devam etmektedir. Yolların tamamında, duvarlar çelik hasır ile döşenmiş ve püskürtme beton ile tahkim edilmiştir. Teknik açıdan gerekli görülen yerlerde kaya saplama çivisi ve çelik direk ile pekiştirilmiştir. Her iki ana yol da iki cevher damarını kesmiş durumdadır. Yeraltı ocağından deneme üretimine 2006 yılı yaz aylarında başlanmıştır.

İşletme tekniği olarak kes-doldur yöntemi seçilmiştir. Üretim galerilerinin kesiti 4m*4m olacaktır ve yan kayanın jeoteknik özelliklerine göre tahkimat yapılacaktır. Cevher, katlar halinde yukarı doğru alınarak üretim devam edecektir. Üretim, iş makineleri kullanılarak mekanize olarak yapılacaktır. Üretim, bütün yıl boyunca 3 vardiya olarak sürdürülecektir.

4 CEVHERİN İŞLENMESİ

Maden ocağından çıkarılan cevher, kırma, eleme ve öğütme devrelerinden geçtikten sonra CIP siyanürleme yöntemiyle prosesten geçirilecektir. Ön fizibilite çalışması sırasında yürütülen teknolojik testlere bağlı olarak, siyanürleme öncesinde flotasyon yapılması uygun görülmemiştir (Lycopodium, 1996). Aynı şekilde, toplam kaynak içerisinde graviteyle kazanılabilecek cevher miktarının nispeten az olması nedeniyle gravitasyon devresi bir opsiyon olarak tutulmaktadır. Yılda 300 bin ton cevher işleyebilecek kapasitedeki tesisin proses akım şeması Şekil 3'te verilmiştir.

Kırma devresi çeneli ve konik kırıcıdan oluşur ve nihai ürün boyutu 13 mm dir. İki kırıcı arasında çift katlı bir elek bulunur.

Elenmiş cevher bir ince cevher silosuna beslenir. Ortamın pH'sını 10,5 olarak ayarlamak amacıyla, ince cevher silosundan çıkan cevhere 5 kg/t kireç ilave edildikten sonra taşıma bandı aracılığıyla öğütme devresine kuru beslenir.

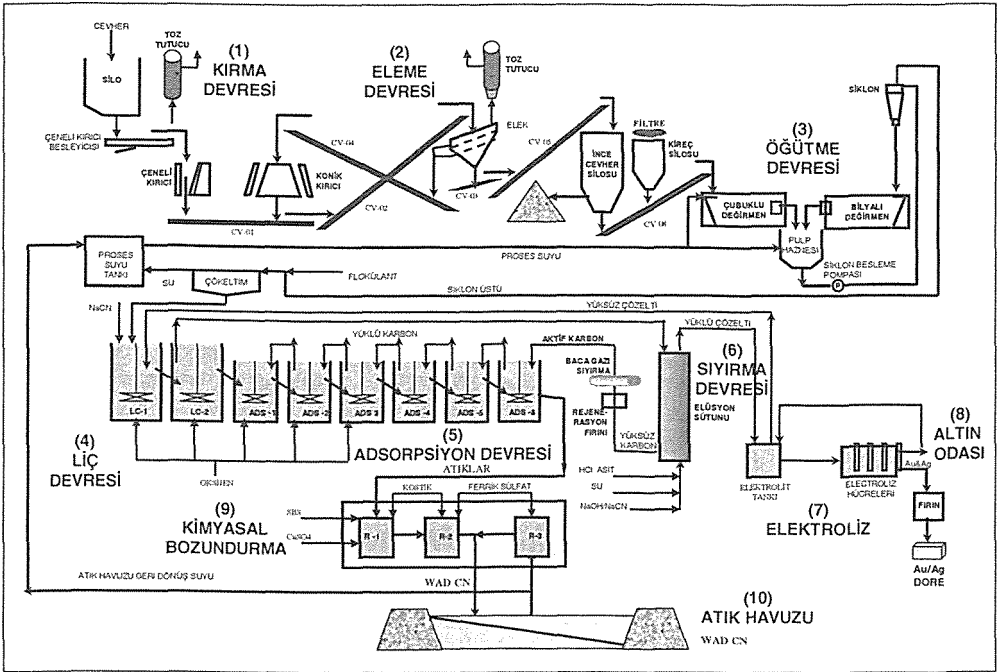
Öğütme devresi, ürün boyutu 75 mikron olan bilyalı ve çubuklu değirmenlerden oluşmaktadır. Değirmen yoğunluğu % 68 katıdır. Öğütme boyutu ve siyanür tüketimi arasında bir bağlantı bulunmamıştır (Lycopodium, 1996).

CIL devresi, 2 adet liç ve 6 adet adsorpsiyon tankından oluşur. Liç devresinde toplam alıkoyma süresi yaklaşık 10 saattir. Liç hızına yardımcı olmak ve karbon yüklemeyi iyileştirmek amacıyla liç tankına oksijen ilavesiyle altın kazanma oranı yükseltilir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Liç sürecinde altın kazanım oranı

	Normal	O ₂ ilavesi
Düşük bakırlı cevher	% 88,5	% 94,5
Yüksek bakırlı cevher	% 87,5	% 92,5

Sodyum siyanür tesise, tozlaşmayan katı briketler halinde getirilir. Liç tankına, yaklaşık olarak, düşük bakırlı cevher için 1,8 kg/t ve yüksek bakırlı cevher için 2,4 kg/t cevher oranında çözelti olarak beslenir. Adsorpsiyon devresinde altın-gümüş yüklü siyanür çözeltisiyle aktif karbon ters akım olarak çalışır.



Şekil 3. Mastra altın madeni planlanan akım şeması

Toplam alıkoyma süresi yaklaşık 30 saattir. Aktif karbon yükleme oranları düşük bakırlı cevher için 8300 gAu/tC ve yüksek bakırlı cevher için 6800 gAu/tC seviyesindedir. Bu oran gümüş için 1700 g/tC dur.

Karbon üzerindeki altın-gümüş yükü tek kolonlu bir sıyırma devresinde çözeltilir. Sıyırma süresi yaklaşık 6 saattir. Yüksüz karbon, tekrar aktifleştirilmek üzere 650-750° C de çalışan yatay aktifleştirme fırınına beslenir.

Bir tankta depolananan altın- gümüş yüklü çözelti, altın içeriği 3 ppm'in altına düşüncüye kadar elektroliz hücreleri ile depolama tankı arasında devredilir. Toz halde toplanan altın/gümüş yüksek basınçlı su kullanılarak katotlardan sıyrılıp kurutulur.

Altın odasında, kurutulmuş altın/gümüş konsantresi fırında ergitilerek dore (altın-gümüş karışımı) külçe halinde dökülür.

Tüm ünitelerde birbirine bağlı çalıştırma kontrol sistemi vardır. Herhangi bir makinede arıza olması ve durma durumunda bu makineye bağlı diğer makineler otomatik olarak devreden çıkmaktadır. Aynı şekilde bir makinenin çalıştırılması diğer ilgili bir makineye bağlıdır. Örneğin, toz üniteleri çalışmadan kırıcı ünitesini çalıştırmak mümkün değildir veya toz ünitesi durduğunda kırıcı ünitesi otomatik olarak durmaktadır.

Tesis, ana kontrol ünitesinde bulunan bilgisayarlarla kontrol edilmektedir. Tüm makinelerin durumu (çalışıp çalışmadığı, arıza nedeni, çalışma şartları, vb.) ve proses parametreleri (pH, kapasite, seviye, istenen ve mevcut değerler) bilgisayarlardan görülmektedir.

5 ÇEVRE TEDBİRLERİ

5.1 Çevre Yönetim Sistemi

Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin bütün maden işletmelerinde "sürdürülebilir kalkınma" ilkeleriyle uyumlu bir üretim anlayışı egemendir. Mastra'da da, bu anlayış temelinde, sürdürülebilir kalkınmanın 4 temel unsuruna (IIED, 2002) önem verilmektedir:

- Üretim sonucunda maksimum ekonomik fayda sağlanması,
- Çevrenin korunmasını sağlamak üzere mevcut en iyi teknolojinin kullanılması ve etkin çevre yönetim sisteminin uygulanması,
- Yöre halkına karşı sosyal sorumluluk görevinin yerine getirilmesi,
- Şeffaf yönetim anlayışı içerisinde hareket edilmesi.

Koza Altın İşletmeleri A.Ş., çevre mevzuatına tam uyum sağlanması, çevreyi etkileme riskinin en aza indirilmesi ve etkin bir yönetim sisteminin kurulması amacıyla bütün maden işletmelerinde bir Çevre Yönetim Sistemi oluşturmaktadır. Böylece, uluslararası kabul görmüş bir yönetim sistemi kapsamında madendeki işletme faaliyetleri önceden belirlenmiş planlara uygun olarak yürütülmekte, hiçbir olay şansa veya rastlantıya bırakılmamaktadır. Bu sistemin, çevre mevzuatında belirlenen koşullar ve faaliyetlerin çevreye etkileri kapsamında Mastra Altın Madeni'nde gerçekleştirilecek tüm faaliyetleri içermesi planlanmıştır. Çevre Yönetim Sistemi çerçevesinde aşağıdaki planlar hazırlanacaktır:

- Atık Deposu Yönetim Planı,
- Rehabilitasyon ve Maden Kapatma Planı,
- Sağlık ve İş Güvenliği Planı,
- Halkla İlişkiler Yönetimi,
- Acil Durum Eylem Planı,
- Hızlı Uyarı Sistemi.

Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin işletmekte olduğu Ovacık Altın Madeni gerek tesiste uygulanan üretim teknolojisi gerekse çevre yönetim sistemi bakımından Mevcut En İyi Teknoloji (BAT) kapsamında yer almakta ve AB tarafından bu konuda örnek olarak gösterilmektedir (EC, 2004). Mastra Altın Madeni'nde de aynı sistem ve teknoloji uygulanacaktır.

5.2 Tesisteki Fiziki Tedbirler

Bütün üniteler, çevresi eşiklerle çevrili betonarme tabanlı bir alanda inşa edilirler. Tanklardan olabilecek dökülmeler bu kapalı alan içerisinde bulunan pompa çukurlarında toplanır. Bu çukurlarda toplanan döküntüler tanka veya atık havuzuna gönderilir.

5.3 Kimyasal Bozundurma Ünitesi

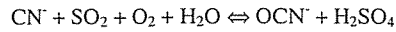
Dünyadaki uygulamalar ve avantajları göz önünde tutularak, proses atıklarının detoksifikasyonu için Ovacık Altın Madeni'nde uygulanmakta olan INCO SO₂/Hava yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, halen, 54 tanesi ABD ve Kanada'da olmak üzere dünyada 67 madende uygulanmaktadır (Devuyst, 1997).

Bu yöntemde tesis atığı, atık havuzuna gönderilmeden önce, iki aşamalı kimyasal bozundurma işlemine tabi tutularak atık içerisinde bulunan siyanür bozundurulmakta ve ağır metaller ise suda çözünmez sabit bileşikler haline getirilmektedir (INCO, 1993).

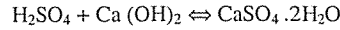
Kimyasal bozundurma ünitesi % 45 katı içeren 60 m³/s tesis atığından 8,4 kg/s toplam siyanür

bozunduracak kapasitede tasarlanmıştır (INCO, 1993). Sistem, siyanürün % 99'dan fazlasını bozundurarak atıkta toplam siyanür konsantrasyonunu Çevre Bakanlığı'nın talep ettiği 1 mg/L sınırının altına düşürebilecek kapasitededir.

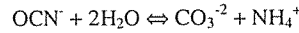
İlk kademede, serbest siyanürü ve zayıf asitle ayrışabilir metal siyanürü (CN_{WAD}) okside etmek için oksijen ve SO₂ gereklidir. Oksijen havanın tanka basılması, SO₂ ise sodyum metabisülfid ilavesi ile sağlanır. Katalizör görevi görmesi için bakır sülfat ilave edilir. Siyanürün ayrıştırılması için ideal ortam 8,9-9,5 pH'dır. Bu değer kireç ilavesi ile temin edilir. Serbest siyanür ve metal siyanür, oluşan reaksiyon sonucunda siyanat ve sülfürik asit vererek oksitlenir ve çözeltiye metal iyonları salar (Smith ve Mudder, 1991).



Siyanürün oksitlenmesi sırasında oluşan sülfürik asidi nötralize etmek için kireç ilave edildiğinde alçıtaşı (jips) oluşur. Bu reaksiyon aşağıda gösterilmiştir.

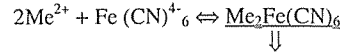


Siyanürün bozundurulması sırasında meydana gelen siyanat iyonu (OCN⁻) kuvvetli değildir. Aşağıda gösterilen reaksiyona göre, hidrolize olarak amonyum ve karbonata dönüşür.

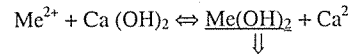


Bu reaksiyon düşük pH'da daha hızlıdır. Karbonat iyonu, kalsiyum karbonat bileşiği şeklinde çöker. Amonyumun bir kısmı, atmosfere amonyak gazı (NH₃) halinde yayılır. Geriye kalan gübre olarak absorbe edilir ve katı formda çöker.

Oksidasyon sırasında serbest hale geçen metal iyonları (Cu, Ni ve Zn), suda çözünmeyen tuz bileşiği şeklinde demir siyanürü çökeltirler.



Çözeltideki fazla metal iyonları da metal hidroksit olarak çöker.



İkinci aşamada ise, arsenik ve antimonu duraylı hale getirmek ve çöktürmek için ferik sülfat (Fe₂(SO₄)₃·5H₂O) kullanılır. Birinci tank için otomatik pH kontrolü sağlanır ve pH'yı optimal

düzeyde tutmak için kostik soda kullanılır. Kimyasal bozundurma ünitesinde As^{3+} ve Sb^{3+} oksitlenerek As^{5+} ve Sb^{5+} haline getirilir. Sisteme ferrik sülfat ilave edilerek çözülmüş durumdaki arsenik iyonu demir arsenat bileşiği ($FeAsO_4 \cdot Fe(OH)_3$) biçiminde çöktürülür. Demir arsenat bileşiği suda çözünmediğinden arsenik bileşiklerinin depolanmasında güvenle kullanılmaktadır (Krause ve Ettel, 1985). Çözültedeki antimon ise oksit ($Sb_2O_3 \cdot 2H_2O$) veya bazik tuz ($Sb_2(SO_4)_3$) olarak çöktürülür.

5.4 Atık Havuzu

Kimyasal bozundurma ünitesinden çıkacak atıklar, sızdırmaz olarak inşa edilecek bir atık havuzunda depolanacaktır. Atık havuzunun iç yüzeyi, kil-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) jeomambran-kil kompozit astar sistemiyle kaplanarak sızdırmazlık sağlanmaktadır. Bu astar üzerine döşenen çakıllı filtre yatağı içerisindeki drenaj borularıyla atıklardan toplanan su, su alma kulesine beslenmekte ve buradan tesiste kullanılmak üzere proses tankına geri pompalanmaktadır. Bu yoldan, taban üzerindeki hidrostatik basınç sıfırlanırken atıkların hızla konsolide olması sağlanmaktadır.

Tesisin ömrü bittikten sonra, atık deposu tekniğine uygun olarak kapatılır ve üzeri açığlandırılır. Bu konuyla ilgili rehabilitasyon projesi ve maden kapatma planı, tesisin işletmeye alınmasıyla birlikte Çevre ve Orman Bakanlığı'na verilecektir.

5.5 Çevresel Ölçümler

Tesiste alınmış olan çevre tedbirlerinin performansını ve idare tarafından belirlenmiş standartlara uygunluğunu kontrol amacıyla toz, gürültü, patlatma (basınç ve vibrasyon), havada hidrojen siyanür gazı, atık suda siyanür ve ağır metaller ile ilgili periyodik çevresel ölçümler yapılacaktır. Ölçüm sonuçları, aylık raporlar halinde ilgili kurumlara gönderilecektir.

6 MADENİN YÖREYE EKONOMİK VE SOSYAL FAYDASI

Haziran 2006 ayındaki ortalama altın fiyatlarına (596 \$/ons) göre, Mastra'da üretilecek 12 ton altının parasal değeri 230 milyon Dolar kadardır. Üretilen altının, ülke ekonomisine dolaylı olarak sağladığı katma değer ise, 4,2 basit çarpanına (Alkin, 1993) göre, 970 milyon Dolar civarında olacaktır.

Maden ve tesis için gerekli malzeme ve hizmet alımları, ücretler, vb biçimdeki ödemeler sonucunda,

bu ekonomik değerın yaklaşık yarısının yörede kalacağı tahmin edilmektedir.

Şirketimizin Gümüşhane'deki tesislerinde 250 kişinin çalışması öngörülmektedir. Sadece uzmanlık gerektiren nitelikli personel dışındaki işgücü Gümüşhane'den temin edilecektir. İstihdam edilecek personelin % 90'ı yöreden olabilecektir.

Başta Maden Yakın Çevresine Olmak Üzere Yöredeki Eğitime, Sağlığa Ve Alt Yapıya Doğrudan Katkıda Bulunacak Şekilde Sosyal Fayda Da Sağlanmış Olacaktır.

7 SONUÇLAR

Koza Altın İşletmeleri A.Ş.'nin 10 yıldır askıda bekleyen Mastra altın madenini işletmeye almaya birlikte, 20 yılı aşkın bir süredir Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yoğun biçimde sürdürülen altın aramaları nihayet semeresini vermiş olacaktır. Bölgedeki yeraltı kaynaklarının değerlendirilmesi yönündeki bu ilk adımın peşinden, irili ufaklı diğer altın cevherleşmelerinin işletilmesinin de önü açılmış olacaktır.

Osmanlı döneminde hazineye büyük gelir sağlayan gümüş madenleriyle tanınan Gümüşhane, artık, üretilen altın ile madencilik sektöründe önemli bir yer tutacaktır.

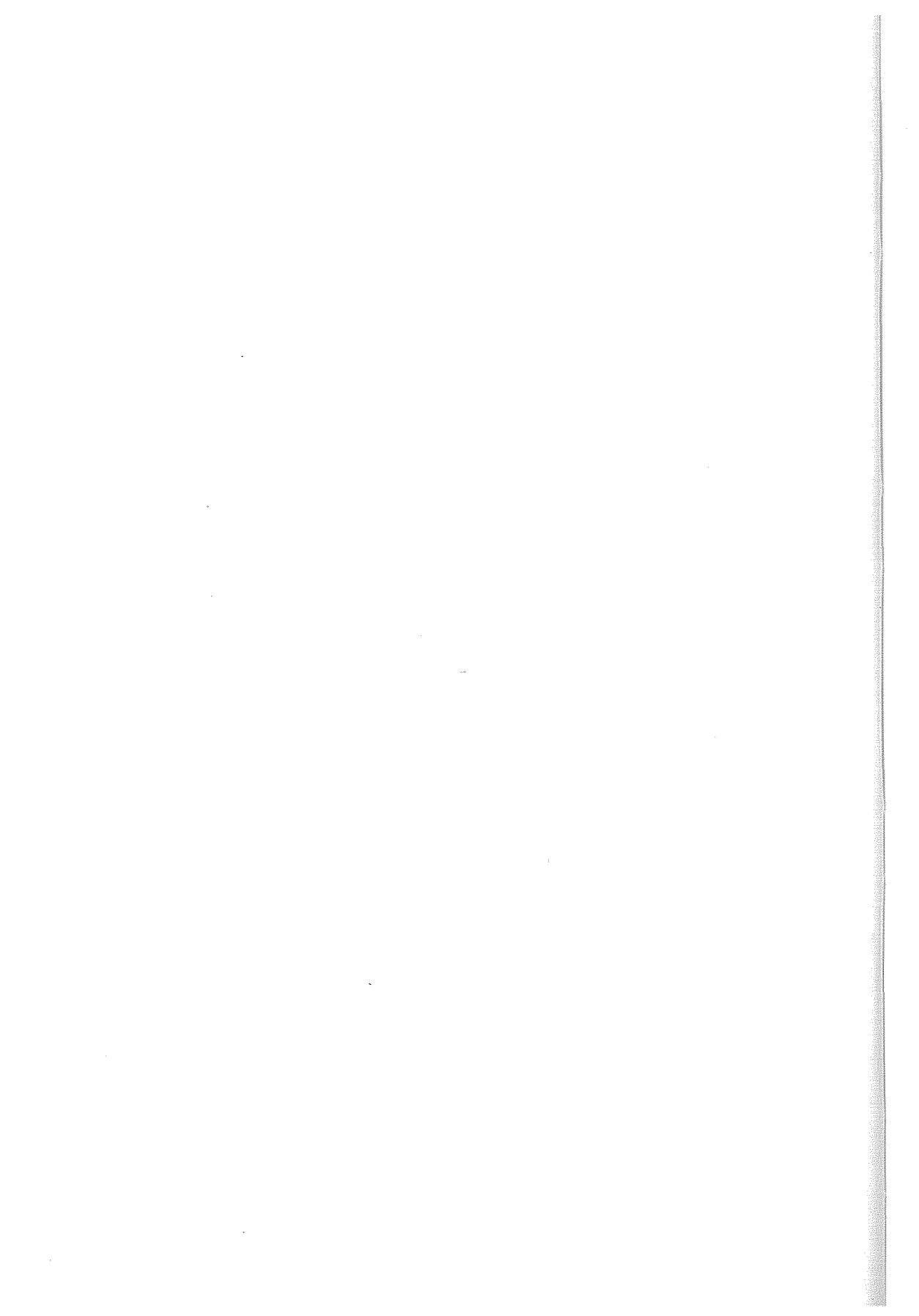
Mastra'da, mevcut bilgilerimize göre, tespit edilmiş 12 g/t Au ve 8 g/t Ag tenörüne sahip 1 milyon ton kaynağın işletilmesiyle 12 ton altın ve 8 ton gümüş üretilecektir. Bu varlığın parasal değeri 230 milyon dolar ve ülke ekonomisinde yaratacağı katma değer ise 970 milyon Dolar seviyesindedir.

Mastra altın madeninde, 2001 yılından beri başarıyla işletilen Ovacık altın madeninden edinilen maden işletme ve çevre güvenliği tecrübesi uygulanacaktır. Sürdürülebilir kalkınma prensiplerine uygun Çevre Yönetim Sistemi'nin uygulanması ve çevre tedbirleri sayesinde insan sağlığı ve çevre emniyeti açısından güvenilir bir madencilik faaliyeti yürütülecektir. Bu faaliyetin sonucunda, yöre insanının sağlığı ile suyu, toprağı ve havası hiçbir zaman tehlikeye sokulmayacaktır.

KAYNAKLAR

- Alkin, E., 1993, Ovacık Altın Madeni Projesinin Ekonomik Etkileri, yayımlanmamış rapor, İstanbul.
- Devuyt, E.A., 1997, The INCO SO₂/Air cyanide destruction process, Değerli Metallerin Madenciliğinde Atık Barajlarının Yönetimi Semineri, Y.M.G.V., Çeşme-İzmir.
- European Commission, 2004, Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.
- INCO Exploration and Technical Services Inc., 1993, INCO SO₂/Air cyanide destruction process design criteria.

- International Institute for Environment and Development (IIED), 2002, Breaking New Ground, The Report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD).
- Kansız, H. ve Akıncı, S., 1991, Gümüşhane ve dolayının 1/100.000 ölçekli epitermal altın-kurşun-çinko prospeksiyonu raporu, MTA, Trabzon.
- Korkmaz, S., Tüysüz, N., Er, M., Musaoğlu, A. Ve Keskin, İ., 1995, Stratigraphy of the eastern Pontides NE-Turkey, Geology of the Black Sea Region, s. 59-68, MTA ve TMMOB Jeoloji Müh. Odası, Ankara.
- Krause, E. ve Ettel, V.A., 1985, Ferric arsenate compounds: Are they environmentally safe? Solubilities of basic ferric arsenates, 15th Annual Hydrometallurgical Meeting, CIMM, 5.1-5.20.
- LaSource Compagnie Miniere SAS, 1995, Mastra Project prefeasibility study, Paris.
- Lycopodium, 1996, Mastra Project prefeasibility study, Vol 3 Metallurgy.
- Smith, A. ve Mudder, T., 1991, The Chemistry and treatment of Cyanidation Wastes, Mining Journal Boks, Londra.



Sülfürlü Cevherlerin Ön Zenginleştirilmesi ve Bergmann Yöntemi ile Ön Ekonomik Değerlendirme Yaklaşımı

A.E.Yüce & S.Ünsal, V.Gürkan

İTÜ Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, İstanbul

ÖZET: Bu çalışma kapsamında; sülfürlü bir Pb-Zn-Cu kompleks cevherinin özgül ağırlık farkına göre ön zenginleştirme ile daha ekonomik olarak değerlendirilme olanakları incelenmiştir. Ayrıca örnek bir tesiste uygulanan selektif flotasyon işletme giderleri ile ön zenginleştirme + flotasyon alternatifinin uygulanması halinde işletme gelir ve giderleri arasında Bergmann Yöntemi ile bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Burada yapılan değerlendirmeye göre, % 14 dolayında bir artığın ayrılması halinde ön zenginleştirmenin ekonomik olacağı hesaplanmaktadır. Ancak çalışmalarda; 6 mm altında yapılacak bir ön zenginleştirme halinde bu değerin % 29 gibi oldukça yüksek miktarlara ulaştığı görülmektedir.

ABSTRACT: In the experimental studies, more economic evaluation opportunities of sulphidic Pb-Zn-Cu complex ores by using gravitational beneficiation methods were investigated. Also, pre-economic evaluation namely Bergmann method was done with the comparison of costs between selective flotation and alternative pre-concentration + flotation method. Bergmann approach was made and found that pre-concentration application will be feasible in the case of 14 % tailings removed. In this study; however, the tailings amount was to be 29 % which is very high from the calculated optimum percentage, when the pre-concentration was applied at particle size of -6 mm.

1 GİRİŞ

Cevherlerin zenginleştirilmesi için seçilecek yöntemlerin saptanmasında cevherin yapısı ve mineral içeriği önemli parametrelerdir. Ayrıca minerallerin serbestleşme derecesi de, etkin ve ekonomik bir zenginleştirme için gerekli bir parametreyi oluşturmaktadır. Cevherlerin mineralojik yapılarına uygun olarak iri boyutlarda yeterli düzeyde serbestleşme olması durumunda, bu kademelerden sonra yapılacak boyut küçültme ve zenginleştirme işlemlerinde önemli oranlarda ekonomi sağlanmış olmaktadır. Ayrıca iri boyutlarda ayrılacak artıkların uzaklaştırma, depolama gibi işlemlerinde de ince artıklara göre teknik ve ekonomik açılardan kolaylıklar sağlanabilmektedir.

Bu araştırma kapsamında; Yenice-Çanakkale Yöresinden alınan kompleks sülfürlü cevher üzerinde, düşük özgül ağırlığa sahip gang minerallerinin, flotasyon öncesi mümkün olduğunca iri boyutta yapılan ön zenginleştirme ile kabul edilebilir metal içerikli bir artık olarak uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla laboratuvar tipi jig ve sarsıntılı masa zenginleştirmeleri

gerçekleştirilmiştir. Ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye, işletmede uygulanan selektif sülfür flotasyonu koşulları baz alınarak flotasyon zenginleştirilmesi uygulanmış, elde edilen sonuçlara göre metal balansını içeren proses akım şeması hazırlanmış, mevcut proses ve alternatif proses seçeneklerine ilişkin, ek yatırım ve işletme giderleri bazında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır. Son olarak da; ön zenginleştirmenin ekonomikliği için Bergmann (1996) tarafından geliştirilmiş bir model uygulanmış, ayrıca mevcut tesis verilerinden hareketle, yıllık işletme gelir ve giderleri dengesine göre bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Kompleks Sülfürlü Cevherler

Kurşun, çinko ve bakır metallerinin sülfürlü bileşikleri, baz metaller grubunu oluşturmaktadır. Oluşumları itibarıyla bu üç metalin değişik oranlarda varlığı ve kombinasyonları ile önemli cevher yatakları oluşmaktadır. Diğer yandan baz metal cevherleri bünyesinde bulunabilen altın ve gümüş

varlığı da bu tür kompleks yapılı cevherlere ayrı bir önem katmaktadır. Türkiye’de kurşun, çinko, bakır cevherleşmeleri genel olarak 4 bölgede sınıflandırılmaktadır (Yüce, Önal, 2002).

Kuzey Türkiye Cu-Pb-Zn Kuşağı: Kuzey Türkiye kesiminde bakır, kurşun çinko mineralleşmeleri çoğunlukla Doğu Karadeniz yöresinde bulunmaktadır. Bu metalojeni kuşağı Doğu Karadeniz yöresinden batıya uzanmakta, Karadenizin içinden geçerek Trakya kesimine, oradan da kuzeye doğru Bulgaristan, Sırbistan ve Romanya’ya devam etmektedir. Mineralleşmeler masif sülfür, saçılmış stokvork şeklinde olup başlıca cevher mineralleri pirit, kalkopirit, sfalerit ve galendir.

Güneydoğu Türkiye Ofiyolit Kuşağı: Kıbrıs adasındaki ofiyolitlerin doğu devamıdır. Ofiyolit istifi Güneyde Hatay yakınındaki Kızıldağ’da bütün birimleriyle tam olarak temsil edilmiştir. Bu kuşak üzerinde başlıca mineralleri pirit, kalkopirit, manyetit ve çok az olarak da sfalerit olan 15 kadar bakır yatağı bilinmektedir. Klorit, kil alterasyonları ve silisleşme cevherleşmeye eşlik eder.

Kuzeybatı Türkiye Pb-Zn Kuşağı: Kuzeybatı Türkiye’de kurşun-çinko mineralleşmeleri üst Kretase-Paleosen yaşlı kalk-alkalen volkanikler ve asidik intrüziflerle ilişkilidir. Cevherleşmeler Permiyen kireçtaşları, Alt Triyas meta arkozları, meta diyabaz, metagabro ve şistleri, Üst Triyas konglomeraları gibi birimler içinde kırık zonlarını dolduran aralık şeklindedir. Başlıca cevher mineralleri galen, sfalerit, pirit ve bazı hallerde de kalkopirittir.

Güney Türkiye Karbonatlı Pb-Zn Mineralleşme Kuşağı: Toroslar boyunca uzanan kuşakta mineralleşmeler orta Cambriyen’den Jura’ya kadar değişim gösteren şelf karbonatları içinde görülmekle beraber asıl yoğunluk Alt Permiyer kireçtaşlarındadır. Mineralleşmeler karbonat tipi katman denetimli çinko-kurşun mineralleşmeleri olarak da tanımlanmaktadır. Başlıca cevher mineralleri simitsonit, serüzit, anglesittir. Kuşak boyunca çok sayıda küçük rezervli karbonatlı çinko-kurşun yatağı bulunmaktadır.

Burada anlatılan bu 4 kuşağın dışında diğer bir baz metal mineralleşme sahası Orta Anadolu’da Akdağmadeni (Yozgat) ve Keban (Elazığ)’da bulunmaktadır. Buralarda da kurşun-çinko mineralleşmeleri intrüziflerle şist ve mermerlerin dokanakları boyunca damar ve dokanak ornatması tip olarak gelişmiştir.

2.2 Kompleks Sülfürlerin Zenginleştirilmesi

Günümüzde kompleks yapılı sülfürlü cevherlerin zenginleştirilmesinde yaygın olarak iki yöntem uygulanmaktadır.

2.2.1 Gravite yöntemleri

Minerallerin serbestleşme tane boyutunun büyüklüğüne bağlı olarak jig, ağır ortam ayırıcıları,

spiral ve sarsıntılı masalar, tek başına veya kombinasyon şeklinde kullanılır. Gravite yöntemlerinin diğer zenginleştirme yöntemlerine göre, gerek işletme, gerekse yatırım maliyetleri açısından oldukça ucuz olmasına karşılık, metal kazanma verimlerinin düşüklüğü, kaçakların önlenememesi ve selektif ayırmaya tam uyum sağlayamaması dezavantaj olmaktadır. Bu yöntem daha çok ön zenginleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda gravite ayırmasında küçük taneli cevherlerin (-0,5 mm) zenginleştirilmesinde geliştirilmiş Multi Gravite Ayırıcısı’da (Multi-Gravity Separator-MGS) sarsıntılı masalara bir alternatif olarak yer almaktadır (DPT, 2001).

2.2.2 Flotasyon

Günümüzde düşük tenörlü kurşun-çinko cevherlerinin selektif olarak zenginleştirilmesinde kullanılan ve bütün Dünya’da başarıyla uygulanan en yaygın yöntem flotasyondur. Gravite yöntemleri ile zenginleştirilmesi olanaksız pek çok düşük tenörlü veya kompleks yapılı cevher yatağının işletilmesini olanaklı kılan bu yöntem, işletilebilir rezervlerin artmasına ve madencilik endüstrisinin gelişmesine yol açmıştır (Kaya, 1991).

Günümüzde, sülfürlü kurşun-çinko cevherlerinde zenginleştirme hemen hemen tümüyle flotasyon yöntemi ile yapılmaktadır. Diğer yöntemlere oranla daha pahalı ve fazla enerji gerektiren bir yöntem olmasına rağmen, düşük tenörlü cevherlerde bile yüksek metal kazanma verimleriyle, yüksek tenörlü konsantreler elde edilebilmesi flotasyonu en yaygın zenginleştirme yöntemi haline getirmiştir. Flotasyon maliyetlerinde, cevherin tenörü ve mineralojik özellikleri en etkili faktördür. Bu özelliklere bağlı olarak maliyet girdileri ve metal kurtarma randımanları %75-95 arasında değişir. Aynı nedenle, bugün Dünya’da üretilen selektif bakır konsantrelerinin tenörü %24-30, kurşun konsantrelerinin tenörü %50-78 Pb; çinko konsantrelerinin %48-60 Zn, ve bulk (toplu) konsantrelerinin ise %15-35 Pb ve %20-40 Zn olabilmektedir.

2.3 Ön Zenginleştirmenin Yeri ve Önemi

Ön zenginleştirme değerli mineral veya mineral grupları ile gang mineralleri ve yan kayaç arasındaki özgül ağırlık, manyetik duyarlılık, radyoaktif duyarlılık, elektriksel iletkenlik, floresans özellik gibi, fiziksel özellik farklarından yararlanılarak, mümkün olduğu kadar iri boyutta gerçekleştirilen bir işlemdir. Elmas, altın gümüş, kurşun, çinko, bakır, krom, lityum, manyezit, mangan, kalay, volfram, uranyum, florit, barit, alüminyum, fosfat, nikel, antimuan cevherlerinin değerlendirilmesi amacıyla

laboratuvar, pilot ve tesis ölçeğinde ön zenginleştirme uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Gül, 2000).

Özgül ağırlık farkından yararlanılarak yapılan ön zenginleştirme uygulamalarında, statik ve dinamik ağır ortam ayırıcıları, jigler, Reichert konileri, sarsıntılı masalar ve spiraller kullanılmaktadır (Önal, Ateşok, 1994).

Ön zenginleştirmenin başlıca avantajları aşağıda açıklanmaktadır.

- Ön zenginleştirme ile mümkün olduğu kadar iri boyutta artık atılması, öğütme masraflarının, dolayısıyla ilk yatırım ve işletme maliyetinin düşürülmesine olanak sağlamaktadır.
- Ön zenginleştirme yapılması durumunda kıymetli metal içeriği yüksek bir malzeme ana zenginleştirme ünitesine beslenebilir. Böylelikle tesisin metal kazanma ve ekonomik verimliliği artmaktadır.
- Ön zenginleştirme ile tesisin ayırma etkinliği artırılmaktadır.
- Ön zenginleştirme işleminin ocağa yakın bir yerde yapılması durumunda nakliye masrafları minimuma indirilmektedir.
- Ön zenginleştirme olmaksızın ekonomik olarak işletilmeleri mümkün olmayan maden yatakları ön zenginleştirme ile birlikte ekonomik olarak işletilebilmektedir.
- Önceki işletme dönemlerine ait atıkların ön zenginleştirme ile yeniden değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca ön zenginleştirme ile tavan ve taban taşları kolaylıkla uzaklaştırılabileceğinden seçimli madencilik yapılması gerekmemekte ve cevher üretim hızı artmaktadır. Dekapaj nitelikli malzemede ön zenginleştirme ile değerlendirildiğinde dekapaj ve işletme maliyetleri düşmekte, işletilebilirlik sınırı daha düşük değerlere çekilebilmektedir.
- Cevherlerdeki oksitler ve metaller ön konsantr ile birlikte kazanılabilmektedir.
- Ön zenginleştirme ile beslenen ton cevher başına reaktif miktar ve maliyeti düşürülebilmektedir.
- Özellikle silikat içerikli malzemenin uzaklaştırılmasıyla düşük Bond iş indeksine sahip, öğütülebilirliği yüksek, iri boyutlu ön konsantr elde edilmektedir. Ayrıca altere olmuş maden yataklarında flotasyonu olumsuz etkileyen kil mineralleri de ön zenginleştirme ile uzaklaştırılabilmektedir.
- Depolanacak olan ince boyutlu artık miktarı azalmakta ve artık depolama maliyeti düşmektedir.

Yukarıda ayrıntılı olarak anlatılan nedenlerden dolayı, iri boyutta yeterli düzeyde serbestleşme olması durumunda nihai zenginleştirme işleminden önce bir ön zenginleştirmenin teknolojik ve ekonomik olarak uygulanabilirliğinin araştırılması

gerekmektedir. Böyle bir irdelemede dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Bunlardan en önemlisi ön zenginleştirme ile uzaklaştırılması gereken artık miktarıdır. Ayrıca ön zenginleştirme ve flotasyon artıklarının depolanma maliyetleri de diğer önemli parametreleri oluşturmaktadır. Kuşkusuz ön zenginleştirme işlemi maliyetlerin olduğu kadar konsantr fiyatları ve metal üretim maliyetlerinin de bir fonksiyonudur. Birçok araştırmacı tarafından araştırılan ön zenginleştirmenin ekonomikliği konusuna en uygun yaklaşım Bergmann (1969) tarafından getirilmiştir. Bergmann'a göre ön zenginleştirmede ekonomiklik sınırı atılması gereken artık miktarının bir fonksiyonudur.

Segovia ile Schena (1993) ve Schultz (1975) tarafından da incelenen ön zenginleştirmenin ekonomikliği konusunda daha önce de belirtildiği gibi proses bir bütün olarak ele alınmıştır. Burada cevher üretim maliyeti, konsantrasyon maliyeti, ön zenginleştirme maliyeti, cevherin içeriği, cevherin konsantr fiyatı, proses verimi, daha sonraki işlemlerin maliyeti, zenginleştirme tane boyutunun bir fonksiyonu olarak ayırma etkinliği gibi faktörler dikkate alınmaktadır (Gül, 2000).

Bergmann yaklaşımı ülkemizde ilk kez, disemine bakır cevherlerinin ağır ortam siklonu kullanılarak özgül ağırlık farkına göre ayırma ile ön zenginleştirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada ağır ortam siklonu ile yaklaşık %17'lik bir artığın atılması durumunda ön zenginleştirmenin ekonomikliği ortaya konmuştur (Gül, 2000).

3 MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

Deneyel çalışmalarda Çanakkale – Yenice yöresine ait Pb – Zn – Cu sülfürlü kompleks cevher yatağından alınan temsili cevher numunesinin öncelikle fiziksel, kimyasal ve minerolojik özellikleri saptanmıştır.

Sözkonusu cevher üzerinde minerolojik etüdlere yapılmış ve cevher bileşiminin yaklaşık olarak %20'sinin sülfürlü mineraller, %10'unun kalsit, %50'sinin kuvars ve geri kalanının ise andezit bileşimli volkanik kayalık birimlerinden oluştuğu saptanmıştır. Sülfürlü minerallerin büyük bir çoğunluğunu sfalerit ve galen teşkil etmekte olup, ayrıca kalkopirit ve pirit, eser miktarda markasit, kovelin, spekülarit, götüt, hematit, lepidokrosit ve nabit altın minerallerinin de bulunduğu gözlenmiştir (Gürkan, 2001)

Temsili numunenin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Tuvenan cevherin Pb – Cu – Zn içeriği

Pb (%)	Cu (%)	Zn (%)
7,69	1,04	4,51

3.2 Yöntem

Çanakkal–Yenice yöresine ait Pb–Zn–Cu sülfürlü kompleks cevherinin ön zenginleştirme kriterlerinin incelenmesi amacıyla, laboratuvar tipi jig kullanılmıştır. Ön zenginleştirme sonucu elde edilen ön konsantreye, işletmede uygulanan selektif sülfür flotasyonu koşulları baz alınarak flotasyon zenginleştirilmesi uygulanmış, elde edilen sonuçlara göre metal balansını içeren proses akım şeması hazırlanmıştır. Son olarak da; mevcut proses ve alternatif proses seçeneklerine ilişkin, ek yatırım ve işletme giderleri bazında bir ön ekonomik değerlendirme yapılmıştır (Ünsal, 2003).

4 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Ön Zenginleştirme Deneyleri

Tamamı -9 mm ve -6 mm boyutlarına indirilen tuvenan cevher numunesi, ayırma etkinliğini arttırmak amacıyla çeşitli boyut gruplarına sınıflandırılmış ve laboratuvar tipi jig kullanılarak ön zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Jig deneylerinin tümünde -1,18 mm boyutundaki malzemeye herhangi bir işlem uygulanmamış, jig ön konsantrelerinin flotasyon boyutuna öğütülmesi sırasında ise bu ürünlerle birleştirilmiştir. Optimum sonuçların alındığı 6 mm altında gerçekleştirilen jig deneylerine ait nihai sonuçlar Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

4.2 Ön Zenginleştirme Sonrası Flotasyon Deneyleri

Cevher ile daha önce yapılan ön etütler, mineralojik inceleme sonuçları ışığında, farklı boyutlar altına kırılmış numuneler ile özgül ağırlık farkına göre ön zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda tamamı 6 mm altına kırılmış numunenin jig'de zenginleştirilmesi ile önemli oranda (% 29,3) ve düşük metal içerikli bir artığın ayrılabilceği görülmüştür. Jig zenginleştirilmesi ile elde edilen ön konsantre ve -1.18 mm boyut grubu birleştirilerek öğütme sonrası flotasyona tabi tutulmuştur.

-6 mm boyutunda jig ile yapılan ön zenginleştirme deneyi sonucunda elde edilen ön konsantreye tesis koşullarında selektif sülfür flotasyonu uygulanmıştır. Yapılan flotasyon deneylerinde Pb– Cu ve Zn selektif konsantreleri alınmıştır. Flotasyona giren ön konsantrenin Pb içeriği %10,96, Cu içeriği %1,32 ve Zn içeriği %5,70'dir. Optimum flotasyon koşulları ve kullanılan reaktif miktarları Çizelge 4'de, flotasyon sonuçları ise Çizelge 5'de verilmiştir.

4.3 Ön Zenginleştirme Alternatifi

Selektif sülfür flotasyonu yapılan mevcut tesise alternatif olarak, flotasyon öncesi ön zenginleştirme yaparak, mümkün olduğunca iri bir boyutta düşük metal içerikli, yeterli miktarda artık atılan bir proses bu tez kapsamında değerlendirilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda -6 mm boyutunda jig ile yapılan ön zenginleştirmede miktar olarak %29,3 oranında, % 0,71 Pb, % 0,22 Cu, % 1,31 Zn içerikli artık atılabilmekte, bu verilerle ön zenginleştirmenin önemli bir ekonomik avantaj yaratacağı görülmektedir.

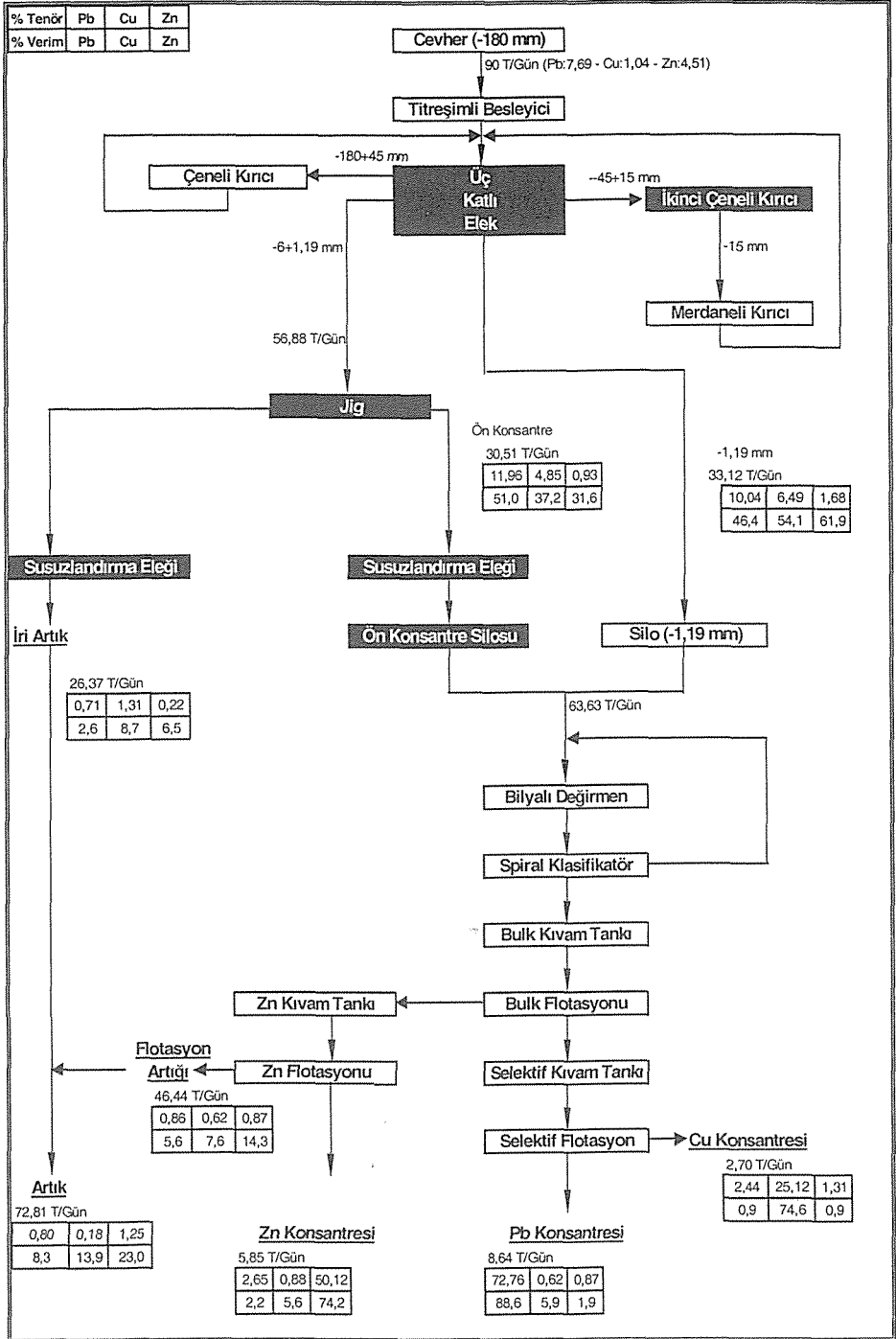
Günlük ortalama 90 ton cevher besleme durumunda, metal balansını içeren ön zenginleştirme + flotasyon alternatifli tesisin akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. -6 mm boyutunda ön zenginleştirme deneyleri sonuçları

Boyut grubu (mm)	Ürünler	M (%)	Pb %	Zn %	Cu %	Verim (%)		
						Pb	Zn	Cu
-6 +3,36	Konsantre	11,0	16,48	9,82	1,24	22,8	24,5	13,6
	A.ürün	3,1	1,56	1,86	0,71	0,6	1,3	2,2
	Artık	14,7	0,56	1,05	0,16	1,0	3,5	2,4
	Tekne ürünü	0,2	18,31	7,39	1,32	0,5	0,3	0,3
-3,36 +1,18	Konsantre	10,1	14,92	0,44	0,95	18,9	1,0	9,6
	A.ürün1	4,8	1,12	3,16	0,35	0,7	3,4	1,7
	A.ürün2	3,2	1,27	2,90	0,65	0,5	2,1	2,1
	Artık	14,6	0,87	1,58	0,29	1,6	5,2	4,2
	Tekne ürünü	1,5	37,08	13,45	1,33	7,0	4,6	2,0
-1,18		36,8	10,04	6,49	1,68	46,4	54,1	61,9
Toplam		100	7,96	4,42	1,00	100	100	100

Çizelge 3. -6 mm boyutunda ön zenginleştirme deneyleri birleştirilmiş sonuçları

Ürünler	M (%)	% Pb	% Zn	% Cu	Verim (%)		
					Pb	Zn	Cu
Konsantre	33,9	11,96	4,85	0,93	51,0	37,2	31,6
Artık	29,3	0,71	1,31	0,22	2,6	8,7	6,5
-1,18 mm	36,8	10,04	6,49	1,68	46,4	54,1	61,9
Toplam	100,0	7,96	4,42	1,00	100	100	100



Şekil 1. Jig entegre edilmiş ön zenginleştirmeli proses akım şeması

Çizelge 4. Ön konsantreye uygulanan flotasyon koşulları

Flotasyon Koşulları	Pb-Cu bulk flotasyonu	Zn flotasyonu	Pb-Cu selektif flotasyonu
pH	9,6-9,8	10,4-10,6	11,0-11,1
Na ₂ SiO ₃ -g/t	500+250+150	250+150	-
ZnSO ₄ -g/t	500+300+100	-	-
NaCN-g/t	40+20+15	25	-
CuSO ₄ -g/t	-	500+500+250	-
Na ₂ S-g/t	-	150+100	-
K ₂ Cr ₂ O ₇ -g/t	-	-	300+150+75
KEX-g/t	150+75+50	-	-
KAX-g/t	-	150+50+25	-
Kıvam Süresi-dk-	15	15	20

Çizelge 5. Ön zenginleştirme sonrası yapılan flotasyon deney sonuçları (Prosesse giren malzemeye göre)

Ürünler	M (%)	% Pb	% Cu	% Zn	Verim (%)		
					Pb	Cu	Zn
Pb Konsantre	9,6	72,76	0,62	0,87	88,6	5,9	1,9
Cu Konsantre	3,0	2,44	25,12	1,31	0,9	74,6	0,9
Zn Konsantre	6,5	2,65	0,88	50,12	2,2	5,6	74,2
Flotasyon artışı	51,6	0,86	0,15	1,22	5,6	7,6	14,3
İri artık	29,3	0,71	0,22	1,30	2,7	6,3	8,7
Toplam	100,0	7,88	1,01	4,39	100	100	100

4.4 Mevcut Tesis İşletme Gelirleri

Günlük 90 ton malzeme beslenen doğrudan selektif sülfür flotasyonu yapılan tesisten elde edilen ürünlerin miktarları ve metal içerikleri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda LME 2003 Mart fiyatları (Pb: 456\$, Cu: 1658\$, Zn: 790\$) dikkate alınmıştır. Buna göre elde edilecek Pb konsantresinin fiyatı 109 \$/t, Cu konsantresinin fiyatı 281 \$/t ve Zn konsantresinin fiyatı 154 \$/t olarak hesaplanmıştır. Günlük üretilen konsantrelerden elde edilecek gelir ise 2.435 \$'dır.

$$\text{Pb Konsantresi} = 456 \times 0,2710 \times 0,85 - 170 = 109 \text{ $/t}$$

$$\text{Cu Konsantresi} = 1658 \times 0,2492 \times 0,85 - 70 = 281 \text{ $/t}$$

$$\text{Zn Konsantresi} = 790 \times 0,5205 \times 0,85 - 195 = 154 \text{ $/t}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük üretilen konsantrenin değeri} = \\ (109,5 \times 8,28) + (281,2 \times 2,52) + (154,5 \times 5,31) \\ = 2.435 \text{ $/gün} \end{aligned}$$

4.5 Alternatif Tesis İşletme Gelirleri

Flotasyon öncesi ön zenginleştirme yapılan alternatif prosese günlük 90 ton malzeme beslenmesi durumunda tesisten elde edilen ürünlerin miktarları

ve metal içerikleri proses akım şemasında gösterildiği gibi değerlendirilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre elde edilecek Pb konsantresinin fiyatı 112 \$/t, Cu konsantresinin fiyatı 284 \$/t ve Zn konsantresinin fiyatı 142 \$/t olarak hesaplanmıştır. Günlük üretilen konsantrelerden elde edilecek gelir ise 2.565 \$'dır.

$$\text{Pb Konsantresi} = 456 \times 0,2726 \times 0,85 - 170 = 112 \text{ $/T}$$

$$\text{Cu Konsantresi} = 1658 \times 0,2512 \times 0,85 - 70 = 284 \text{ $/T}$$

$$\text{Zn Konsantresi} = 790 \times 0,5012 \times 0,85 - 195 = 142 \text{ $/T}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük üretilen konsantrenin değeri} = \\ (112 \times 8,64) + (284 \times 2,7) + (142 \times 5,85) \\ = 2.565 \text{ $/gün} \end{aligned}$$

4.6 Arttırılmış Kapasiteli İşletme Gelirleri

Ön zenginleştirme alternatifinde mevcut değirmen kapasitesine uygun beslemenin gerçekleştirilmesi durumunda klasik sistemde 90 t/gün olan tuvenan cevher kapasitesi arttırılarak 127 t/gün değerine çıkarılabilecek, bu miktarın 37 tonu (%29,3) değirmen öncesi jig zenginleştirilmesi ile iri artık olarak atılabilecektir.

90 t/gün kapasiteli ön konsantrenin öğütme ve takiben zenginleştirilmesi halinde; yapılan malzeme balansı değerlerine göre; 12,22 t/gün %72,76 Pb içerikli kurşun konsantresi, 3,81 t/gün %25,12 Cu içerikli bakır konsantresi, 8,27 t/gün %50,12 Zn içerikli çinko konsantresi elde edilebilecektir. Bu koşullar altında günlük konsantre üretiminden gelirler;

$$\text{Pb konsantresi} = 112 \times 12,22 = 1.368,6 \text{ $}$$

$$\text{Cu konsantresi} = 284 \times 3,81 = 1.082,0 \text{ $}$$

$$\text{Zn konsantresi} = 142 \times 8,27 = 1.174,3 \text{ $}$$

olmak üzere toplam 3.624,9 \$/gün'lük brüt konsantre geliri sağlanmış olacaktır. Bu durumda ise klasik sisteme oranla konsantre satışı bazında tesis geliri; $(3.624,9 - 2.435) / 2.435 \approx \% 49$ oranında arttırılmış olmaktadır.

4.7 İşletme Giderlerinin Hesaplanması

İşletme yetkililerince önerilmiş gider kalemleri ve masraf tutarları, mevcut tesis ve alternatif tesis için ayrı ayrı belirlenmiş ve toplam işletme giderleri hesaplanmıştır.

4.7.1 Mevcut ve alternatif proses işletme giderlerinin hesaplanması

Mevcut tesis için işletme yetkilileri tarafından önerilmiş ton başına maliyetler kullanılarak günlük 90 ton, aylık ise 2000 ton malzeme beslenmesi durumuna göre hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir. Aylık gider tutarları hesaplamalarında 22 çalışma günü baz alınmıştır.

Alternatif proseste mevcut tesisten farklı olarak, ön zenginleştirme sonrası atılan artık miktarı göz önünde bulundurularak flotasyon ünitesine günlük 63 ton, aylık ise 1390 ton malzeme beslenmesi durumuna göre hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir.

Alternatif proses gider hesapları yapılırken, kırma-eleme gider kaleminde, beslenen malzeme miktarı her iki proseste de değişmediğinden günlük 90 ton, aylık ise 2000 ton olarak alınmıştır.

Alternatif proseste günlük 90 ton malzeme beslenmesi durumunda, jige beslenen malzeme miktarı günlük 56,9 ton, aylık ise 1251,8 ton olmaktadır. Aynı şekilde susuzlandırma eleklerine gelen malzeme miktarı da günlük 56,9 ton, aylık ise 1251,8 ton olmaktadır. Ön zenginleştirme devresinden atılan iri artık miktarı günlük 26,4 ton, aylık ise 580,8 tondur. Alternatif proses gider hesabı yapılırken söz konusu rakamlar dikkate alınmıştır.

Alternatif proses için işletme yetkilileri tarafından önerilmiş ton başına maliyetler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve toplam gider tutarı belirlenmiştir. Mevcut ve alternatif proses işletme giderleri Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Mevcut ve alternatif proses için işletme maliyetlerindeki düşüş oranı %27 olarak hesaplanmıştır.

- İşletme maliyetlerindeki düşüş oranı:

$$1672,2 - 1217,7 / 1672,2 = \%27$$

Mevcut ve alternatif proses gelir ve gider farkları hesaplanarak, elde edilen brüt karlar bulunmuştur.

- Mevcut sistemle elde edilen günlük brüt kar: $2.435 - 1.672,2 = 762,8$ \$/gün
- Mevcut sistemle elde edilen aylık brüt kar: $16.781,6$ \$/gün
- Alternatif sistemle elde edilen günlük brüt kar $= 2.565 - 1.217,7 = 1.347,3$ \$/gün
- Alternatif sistemle elde edilen aylık brüt kar: $29.640,6$ \$/gün
- Brüt kar'daki değişim:

$$29.640,6 - 16.781,6 / 16.781,6 = \%77$$

4.7.2 Arttırılmış kapasiteli proses işletme giderleri

Arttırılmış kapasiteli alternatif proseste öğütme devresine 90 ton malzeme beslenmesi durumunda, kırma devresine günlük 127 ton, aylık ise 2794 ton besleme yapılması gerekmektedir.

Alternatif prosesde günlük 127 ton malzeme beslenmesi durumunda, jig devresine, cevherin elek analiz sonuçlarına göre malzemenin % 63,2'si, bir başka deyişle günlük 80,3 tonu, aylık ise 1766,6 tonu beslenecek ve ön zenginleştirme yapılacaktır. Aynı şekilde susuzlandırma eleklerine gelen malzeme miktarı da günlük 80,3 ton, aylık ise

1766,6 ton olmaktadır. Ön zenginleştirme devresinden atılan iri artık miktarı günlük 37 ton, aylık ise 814 tondur. Arttırılmış kapasiteli alternatif proses gider hesabı yapılırken söz konusu rakamlar dikkate alınmıştır. Mevcut ve arttırılmış kapasiteli alternatif proses işletme giderleri Çizelge 7'de gösterilmiştir.

4.7.3 Amortisman giderleri

Yeni yapılan yatırımların toplam bedeli 92.500 \$ olarak hesaplanmıştır. İlave ekipmanın amortisman süresi 10 yıl olarak değerlendirildiğinde yıllık amortisman yükü $92.500 / 10 = 9.250$ \$/yıl olmaktadır.

Tesis işletme gelir ve giderleri aylık bazda hesaplanmıştır. Bu hesaplama sistematığına göre aylık amortisman yükü $9.250 / 12 = 771$ \$/ay olmaktadır.

Ön zenginleştirme alternatifi toplam işletme giderleri 26.865 \$/ay, amortisman şarjı ile birlikte bu değer 27.636 \$/ay değerine ulaşmaktadır.

İlave yatırımların tümü dikkate alındığında (92.500\$); ön zenginleştirme ve klasik proses alternatiflerine göre nihai metal satışları farkı üzerinden $(2.565$ \$/gün - 2.435 \$/gün = 130 \$/gün); toplam yatırım 92.500 \$/gün / 130 \$/gün ≈ 712 (23,7 ay) günde kendini amorti edebilecektir.

Ön zenginleştirme alternatifi için öngörülen ilave yatırım bedeli 92.500 \$ ve aylık bazda işletme giderleri + amortisman şarjı toplamı 30.505 \$ olarak hesaplanmıştır.

Arttırılmış kapasite ile nihai konsantrte gelirleri ile klasik proses gelirleri farkı üzerinden $(3.624,9 - 2.435 = 1.189,9$ \$/gün) toplam yatırım 92.500 \$ / $1.189,9$ \$/gün ≈ 78 gün (2,6 ay) gibi kısa bir sürede amorti edilebilmektedir.

4.8 Bergmann Yaklaşımıyla Ön Ekonomik Değerlendirme

Birçok araştırmacı tarafından araştırılan ön zenginleştirmenin ekonomikliği konusuna en uygun yaklaşım Bergmann(1969) tarafından getirilmiştir. Buna göre ön zenginleştirmede ekonomiklik sınırı atılması gereken artık miktarının bir fonksiyonudur (Gül, 2000).

$$I = \frac{K + E_E + E_V}{F_P + S + E_B - A} \quad (1)$$

Çizelge 6. Mevcut ve Alternatif Proses İşletme Giderleri

Gider Kalemleri	Giderler					
	Mevcut Proses			Alternatif Proses		
	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay	\$/t	63 t/gün	1390 t/ay
İki Kademe Kıırma ve Eleme	0,65	58,5	1.300	0,70	63,0	1.400
Öğütme	0,85	76,5	1.700	0,70	44,1	973
Flotasyon	0,40	36,0	800	0,30	18,9	417
Atık Barajı	3,84	345,6	7.680	2,55	160,7	3.544
İri Atık Stoklama	-	-	-	1,05	27,7	609
Reaktif – Laboratuvar	2,14	192,6	4.280	2,00	126,0	2.780
Elektrik	3,70	333,0	7.400	3,25	204,8	4.518
Nakliye	6,00	540,0	12.000	6,00	378,0	8.340
Jig	-	-	-	2,00	113,8	2.504
Susuzlandırma Elekleri ve Bant Konveyörler		-	-	0,20	11,4	251
İşçilik	0,60	54,0	1.200	0,60	37,8	834
Genel Giderler	0,40	36,0	800	0,50	31,5	695
Toplam		167	37.160		1218	26.865

Çizelge 7. Mevcut ve Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses İşletme Giderleri

Gider Kalemleri	Giderler					
	Mevcut Proses			Arttırılmış Kapasiteli Alternatif Proses		
	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay	\$/t	90 t/gün	2000 t/ay
İki Kademe Kıırma ve Eleme	0,65	58,5	1.300,0	0,70	88,9	1.955,8
Öğütme	0,85	76,5	1.700,0	0,70	63,0	1.400,0
Flotasyon	0,40	36	800,0	0,30	27,0	600,0
Atık Barajı	3,84	345,6	7.680,0	2,55	229,5	5.100,0
İri Atık Stoklama	-	-	-	1,05	38,9	854,7
Reaktif - Laboratuvar	2,14	192,6	4.280,0	2,00	180,0	4.000,0
Elektrik	3,70	333	7.400,0	3,25	292,5	6.500,0
Nakliye	6,0	540	12.000,0	6,00	540,0	12.000,0
Jig	-	-	-	2,00	160,6	3.553,2
Susuzlandırma Elekleri ve Bant Konveyörler	-	-	-	0,20	16,1	353,3
İşçilik	0,60	54	1.200,0	0,60	54,0	1.200,0
Genel Giderler	0,40	36	800,0	0,50	45,0	1.000,0
Toplam		1.672,2	37.160,0		1.735,5	38.517,0

- I: Ön zenginleştirmenin ekonomik olabilmesi için atılması gereken artık miktarı, (%)
- K: Ön zenginleştirme maliyeti, (US \$/ton beslenen cevher)
- E_E: I'nın bir fonksiyonu olarak artıklardaki metal kayıplarından kaynaklanan zarar, (US \$/ton beslenen cevher)
- E_V: Beslenen ton cevher başına I'nın bir fonksiyonu olarak flotasyondaki iyileşmeden kaynaklanan gelir, (US \$/ton beslenen cevher)

- F_P: Flotasyon ve öğütme maliyeti, (US \$/ton iri artık)
- S: Flotasyon artıklarının depolama maliyeti, (US \$/ton iri artık)
- E_B: Artıkların satışından kaynaklanan gelir, (US \$/ton iri artık)
- A: İri boyutlu artığın depolama maliyeti, (US \$/ton iri artık)

Ön zenginleştirme sonucunda iri boyutta atılan artıkların değerli metal içeriklerinin flotasyonda

atılan artıkların içeriklerine yakın veya daha düşük düzeyde olması gerekmektedir.

Ön zenginleştirmenin ekonomisi üzerine Bergmann tarafından geliştirilen formül kullanılarak, -6 mm boyutunda jig ile yapılacak olan ön zenginleştirme işleminin ekonomik olabilmesi için atılması gereken minimum artık miktarı hesaplanmıştır.

$K = 2,35 \$/t$ (Kırma ek işletme maliyeti + Jig işletme maliyeti + Susuzlandırma elekleri + ilave bant konveyör işletme maliyeti + Genel giderler)

Ön zenginleştirme sonucunda iri boyutta atılan artıkların değerli metal içeriklerinin flotasyonda atılan artıkların içeriklerinden daha düşük düzeyde olması dolayısıyla E_E parametresi sıfır olarak alınmıştır.

Flotasyondaki iyileşmeden kaynaklanan E_v parametresi değeri mevcut ve alternatif proses günlük gelirleri farkı alınarak hesaplanmıştır.

$$E_v = \frac{2.565 \$/\text{gün} - 2.435 \$/\text{gün}}{90 \text{ t/gün}}$$

$$E_v = 1,5 \$/t$$

$F_p = 3,39 \$/t$ (Öğütme maliyeti + flotasyon maliyeti + reaktif maliyeti)

$S = 3,84 \$/t$

Artıkların satışından herhangi bir gelir söz konusu olmadığı için $E_B = 0$ olarak alınmıştır.

$A = 1,05 \$/t$

$$I = \frac{2,35 + 0 - 1,5}{3,39 + 3,84 + 0 - 1,05}$$
$$I \cong \% 14$$

Bergmann yaklaşımına göre -6 mm boyutunda yapılacak bir ön zenginleştirmenin ekonomik olabilmesi için atılması gereken minimum artık miktarı % 14 olarak hesaplanmıştır. -6 mm boyutunda jig ile yapılan ön zenginleştirme deneyinde atılan artık miktarı ise %29,3'dür.

5 SONUÇLAR

- Çanakkale - Yenice yöresine ait Pb-Zn-Cu sülfürlü kompleks cevherinin ön zenginleştirme kriterlerinin incelenmesi amacıyla, gerçekleştirilen araştırmadan elde edilen veriler

ve ön ekonomik değerlendirmeye ilişkin sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

- 6 mm altında, jig kullanılarak optimum bir ön zenginleşme sağlanabileceği, bu durumda ağırlıkça % 29,3 oranında bir artışın; % 0,71 Pb, % 0,22 Cu ve % 1,31 Zn içeriğiyle uzaklaştırılabildiği saptanmıştır.
- Jig ön konsantrisine, tesiste kullanılan reaktifler ile selektif sülfür flotasyonu uygulanmış, optimum koşullarda; ağırlıkça % 9,6 oranında Pb, % 3,0 oranında Cu ve % 6,5 oranında Zn konsantrileri sırasıyla % 72,76 Pb, % 25,12 Cu ve % 50,12 Zn içerikleriyle elde edilebilmiştir. Flotasyon devresinden, ağırlıkça % 51,6 oranında bir ince artık sırasıyla % 0,86 Pb, % 0,15 Cu ve % 1,22 Zn metal içerikleriyle ayrılmaktadır.
- İri boyutta jig ve ince boyutta flotasyon işlemleri sonunda prosesten atılacak toplam artık, ağırlıkça % 80,9 oranında olup, sırasıyla % 0,80 Pb, % 0,18 Cu ve % 1,25 Zn metal içermektedir. Toplam metal kayıpları ise; sırasıyla % 8,3 Pb, % 13,9 Cu ve % 23 Zn olmaktadır.
- Ön zenginleştirme alternatifi için deneysel çalışmalardan elde edilen verilerle metal balansını içeren bir proses akım şeması geliştirilmiştir. Bu alternatifte göre tesis besleme kapasitesi 90 t/gün olarak sabit tutulduğunda, değirmene besleme miktarı 63 t/gün'e düşmektedir. Değirmen kapasitesinin tam kullanılması gerçekleştirildiğinde (90 t/gün) o takdirde tesise beslenen tuvenan cevher kapasitesi günlük 127 tona çıkarılabilecek, böylece tesis kapasitesinde yaklaşık % 41 oranında bir artış sağlanmış olacaktır.
- Mevcut tesis makine ekipman amortismanları sıfırlanmış durumda olup, birim zamanda maliyetler üzerine gelen bir amortisman yükü bulunmamaktadır. Ön zenginleştirme alternatifinin düşünülmesi halinde, bazı ekipman ve ünitelerin işletmenin kendi olanaklarıyla imalatı da öngörülerek, güncel rakamlarla yapılan değerlendirmelere göre toplam 92.500 \$'lık bir ek yatırım hesaplanmıştır.
- Mevcut cevhere bir ön zenginleştirmenin uygulanması halinde, elde edilecek konsantr miktarları metal içerik ve verimleri ile güncel maliyet ve satış verilerinden hareketle Bergmann modeli ile bir değerlendirme yapılmıştır. Bu modele göre, mevcut verilerle ön zenginleştirme sonrasında yaklaşık % 14 civarında bir artışın atılması halinde uygulamanın ekonomik olabileceği hesaplanmaktadır. Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen çalışma sonuçlarına göre ise; ön zenginleştirmeden atılacak artık miktarı bir hayli yukarıda bir değeri (% 29,3) vermektedir.

KAYNAKLAR

- DPT, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, 2001, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu, Kurşun – Çinko – Kadmiyum Çalışma Grubu Raporu, Ankara: (DPT. 2628 - ÖİK. 639) ISBN:975-19-2858-3
- Gül, A., 2000, Küre Dissemine Bakır Cevherinin Ön Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Gürkan, V., 2001, Yenice kompleks Pb-Cu-Zn cevherinin mineralojik etüdüleri, İTÜ Maden Fakültesi Vakfı, *Araştırma Projesi*, İstanbul.
- Kaya, M., 1991, Flotasyon El Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayınları
- Önal, G., Ateşok., G., 1994, Cevher Hazırlama El Kitabı, Beril Ofset., Haziran, İstanbul
- Ünsal, S., 2003, Kompleks sülfürlü cevherlerin ön zenginleştirme kriterlerinin incelenmesi, ön ekonomik değerlendirme, Yüksek lisans tez yöneticisi: A.Ekrem Yüce, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, İstanbul.
- Yüce A. E., Önal G., 2002, Doğu Karadeniz Bölgesi Baz Metal Kaynaklarının Ekonomiye Katkısı ve Madencilik Açısından Önemi, Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, pp.75, 23-25 Ekim, Gümüşhane.

Gravite ile Zenginleştirme Siyanüre Alternatif midir?: Mastra (Gümüşhane) Örneği

O. Celep, İ. Alp, H. Deveci & R. Yazıcı

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

M. Vıçıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

C. Duran

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Mastra (Gümüşhane) altın cevherinin (26gr/t Au) Knelson Santrifüj Konsantratörle ve siyanür liçiyile zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Cevherin mineralojik analizinde görülmüştür ki altın taneleri 1-300 µm arasında ve kuvars ve sülfür mineralleriyle ilişkili olarak bulunmaktadır. Cevher mineralleri olarak pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen görülmüştür. Cevherde bulunan altın tanelerinin yarısının $\leq 20\mu\text{m}$ olmasına karşın, altının hacimsel dağılımı cevherdeki toplam altının % 50' sinin $\leq 150\mu\text{m}$ olduğunu göstermektedir. $-74\mu\text{m}$ boyutuna öğütülmüş cevherin gravite testleri Knelson Konsantratörle gerçekleştirilmiş ve 322.6 g/t Au tenörlü konsantr % 68.7Au kazanma verimiyle ve beslemenin yaklaşık % 94.6'sı 8.38 gr/t Au tenörlü atık elde edilmiştir. Siyanür liç test sonuçları cevherden (%80'i $\leq 38\mu\text{m}$) altının 24 saatlik liç sürelerinde % 90-95'inin kazanılabileceğini göstermiştir. Tüm bu bulgular Mastra altın cevherinin öncesi Knelson Santrifüj seperatörüyle verimli bir şekilde zenginleştirilebileceğini göstermektedir.

ABSTRACT: In this study, the amenability of Mastra gold ore (26 gr/t Au) to gravity separation using a Knelson Centrifugal Separator and to cyanide leaching was investigated. The mineralogical analysis of the ore has shown that gold occurs as particles of 1-300 µm in size and related to quartz and sulphite minerals. There are pyrite, chalcopyrite, sphalerite and galena as ore minerals in ore. Although the half of the gold particles had size of $\leq 20\mu\text{m}$, the volumetric distribution of gold indicated that the gold particles of $\leq 150\mu\text{m}$ in size constituted 50 % of the total gold present in the ore. Recovery tests on the ground ore ($-75\mu\text{m}$) using a Knelson Concentrator have demonstrated that 68.7 % of the gold present in the ore was recovered into the concentrate assaying 322.6 g/t Au and approximately 94.6 % of the feed was produced as final tails, which contained 8.38 g/t Au. The results of cyanide leaching tests have shown that the extraction of gold can be improved by size reduction and 90-95 % of the gold can be readily extracted from the ore (80 % passing 38 µm) over a leaching period of 24 hours. These findings have shown that Mastra ore is amenable to gravity separation using Knelson centrifugal concentrator.

1 GİRİŞ

Mineralojik yapıya ve metal kazanım miktarına göre altın cevherleri "serbest taneli", "kompleks" ve "refrakter" olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar. Serbest taneli cevherlerden (% 80'i $< 80\mu\text{m}$) 20-30 saatlik geleneksel siyanür liçiyile % 90'lık bir altın kazanımı elde edilebilmektedir. Siyanürle ekonomik şekilde kazanılamayan cevherlere "refrakter" cevher denmektedir. Daha yüksek siyanür ve oksijen ilavesiyle ekonomik olarak kazanılabilen cevherlere ise "kompleks" cevherler denir (La Broy vd., 1994; Gupta vd., 2000). Bununla birlikte serbest altın içeren cevherler gravite, flotasyon ve direk liç metodlarıyla verimli bir şekilde zenginleştirilirler (Petruk, 1989; Roshan, 1990).

Altın ve gümüş cevherlerinin hidrometalurjik olarak kazanımında en yaygın kullanılan metot "siyanür liç" metodudur. Siyanür prosesi normal şartlar altında seyreltik sodyum yada potasyum siyanür ($\approx 1\text{ gr/lt}$) ile saçınımlı kompleks altın cevherlerinin ($< 1-2\mu\text{m}$) düşük konsantrasyonlarda bile başarılı bir şekilde liç edilerek $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ kompleks oluşturulduğu hidrometalurjik işlemdir. Daha sonra çözüldüden altın Merrill-Crown prosesi olarak bilinen çinko sementasyonu veya karbon adsorpsiyonuyla kazanılmaktadır (Deschenes vd., 1995, 2003 & 2005; Ubaldini vd., 1994, 1996 & 1998; Tanrıverdi, 2005).

Dünyada ekonomik olarak üretim yapılan madenlerde altın içeriği 1 gr/ton ile 20 gr/ton arasında değişmektedir. Altın üretiminin % 84'ü siyanür liç prosesi kullanılarak

gerçekleştirilmektedir (Gönen, 2003). Dünyada yılda 2,5 milyon ton ve Türkiye'de ise 2500 ton siyanür tüketilmektedir (Akçıl, 2001). Siyanürün liç kimyasının çok iyi bilinmesine ve ince altın taneli cevherlere uygulanabilirliğine rağmen düşük liç kinetiği ve çevresel açıdan toksite özelliğine sahip olması nedeniyle alternatif metot ve reaktiflerin uygulanması araştırılmıştır.

Hidrometalurjik prosesler ince taneli altın cevherlerinin zenginleştirmesinde uygulanmasına karşın gravite zenginleştirme metodu cevherlerden serbest ve iri altın taneleri kazanmak için uygulanmaktadır (Bayraktar ve Yarar, 1985). Flotasyon ve/veya siyanürleme öncesi iri altın tanelerinin kazanılması için gravite zenginleştirilmesinin kullanımı toplam altın kazanımını arttırmaktadır. İri altın tanelerinin siyanür çözeltilerinde tamamen çözülmesi uzun zaman alır. Örneğin 150 µm boyutunda saf altın tanesi için teorik çözünme süresi 44 saat sürmektedir. Gravite yöntemlerle büyük tanelerin önceden ayrılması liç işlemlerinin süresini kısaltmaktadır.

Doğal altının özgül ağırlığının çok yüksek olması nedeniyle kapalı öğütme devrelerinde devreden yükün gravite zenginleştirmeye tutulması gerekmektedir. Gravite yöntemle elde edilen konsantreler doğrudan izabeye gönderilebilmektedir (Bayraktar ve Yarar, 1985).

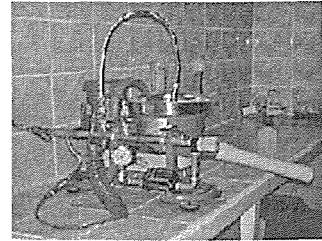
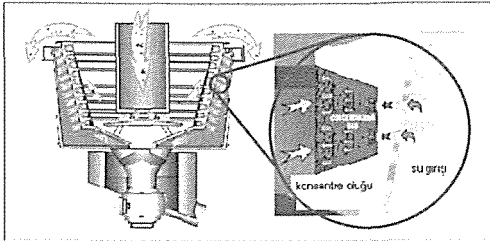
İnce altın tanelerinin kazanımında etkin olabilecek santrifüj gravite seperatörlerinin serbest altın taneli cevherlerde kullanımı gravite uygulamalarına yeni gelişmeler katmıştır (Vincet, 1997). İnce tanelerin gravite zenginleştirilmesi güç

olmaktadır. Jigler, savaklar, konik ve spiraller 100 µm' ye kadar zenginleştirme yaparken bu boyut altındaki değerlerde etkinliklerini kaybederler. Buna alternatif olarak son yıllarda yeni santrifüj gravite seperatörleri geliştirilmiştir (Xiao, 1998).

Santrifüj kuvvetin uygulanması ince yada çok ince ağır minerallerin kazanımında etkili bir teknoloji sağlamıştır. Tane üzerine etkiyen santrifüj kuvvet gravite kuvvetten 50 kat daha yüksektir. Uygulanan santrifüj kuvvetin şiddeti arttıkça kazanılacak tanelerin boyutu daha ince olmaktadır (Xiao, 1998; Huang, 1996).

Standart Knelson Konsantratörü 1980'li yıllarda Byron Knelson tarafından geliştirilmiş 6mm yada daha az üst besleme boyutuyla çalışan santrifüj makinedir. Dönme işlemini gerçekleştiren üniteyle birlikte, yüksek hızda dönen bir yataktan oluşur. Üstten beslenen pulp, konsantratörün dip kısmına giderken, santrifüj kuvvetinin etkisiyle ağır taneler konsantre olarak yatağın oluklarına takılır. Gang mineralleri ise atık olarak pulpun üst akışıyla birlikte atılır. Basit yapısı, yüksek kapasite, geniş tane boyut aralığında kazanıma sahip olma ve çok yüksek zenginleştirme oranlarına sahip olma en büyük avantajlarını oluşturmaktadır (Alp vd., 2002, 2004 ve 2005; Celep, 2005a.b). Konsantratörün şematik görüntüsü ve resmi Şekil 1'de verilmektedir.

Knelson konsantratörünün ana çalışma parametreleri yıkama suyu akış hızı, besleme pulp yoğunluğu ve konsantre alma zamanıdır (Magumbe, 2002).



Şekil 1. Knelson konsantratörünün şematik görüntüsü (Huang, 1996).

Altın cevherleri için ön zenginleştirme konsantratörü olarak dizayn edilmiş olan Knelson konsantratörünün zenginleştirme prensibi altın ve gang taneleri üzerine etkiyen farklı santrifüj kuvvetlerin etkisiyle gerçekleşmektedir.

Ortalama 8 gr/t Au tenöre ve 808.000 ton tahmini rezerve sahip olan Mastra Au-Ag epitermal yatağı Mescitli-Gümüşhane yöresinde yer almaktadır (Vıcıl ve Alp, 2002; Alp vd., 2003; Celep, 2005b). Mineralojik yapısı, alterasyon ve sıvı kapanım karakterizasyonu adularına serizit tip epitermal yataklar ile benzerlik göstermektedir (Tüysüz vd.,

1995). Mastra altın cevheriyle yapılan önceki siyanür liç çalışmalarında 42 saat liç süresinde (Gönen, 2003) % 97,5 altın kazanımları elde edilmiştir. Daha yüksek altın kazanımları için cevherdeki iri altın tanelerinin varlığından dolayı nispeten daha uzun liç zamanı gerekmektedir.

Bu çalışmada, Mastra altın cevherinin mineralojisi incelenmiş, Knelson santrifüj seperatörünün zenginleştirmede potansiyel kullanımı değerlendirilmiştir ve siyanür liçiyle zenginleştirilmesi araştırılmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Deneylerde kullanılan numuneler Mastra (Gümüşhane) altın yatağının hazırlık galerisinden yaklaşık 150 kg olarak alınmıştır. Mineralojik inceleme için numuneler ayrıldıktan sonra tüm örnek çeneli ve merdaneli kırıcı ile -4 mm boyut altına kırılmıştır. Öğütme çubuklu değirmende gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan numunenin kimyasal analizi Tablo 1’de verilmektedir. Örneğin kimyasal ve mineralojik analizi cevherin yaygın olarak kuvars ve Pb, Fe, Zn, Cu sülfürler içerdiğini göstermektedir. Cevher örneği 26 gr/t Au ve 8,6 g/t Ag içermektedir.

Mineralojik araştırmalar için seçilen parçalardan ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler optik mikroskop ve cevher mikroskobu ile detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 mikroskop altında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Cevher numunesinin kimyasal analizi

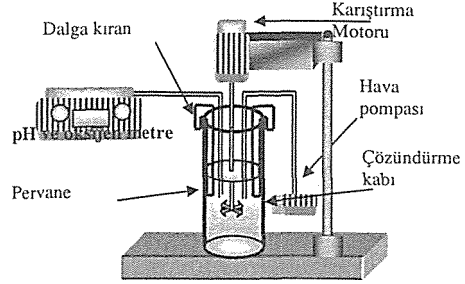
Bileşik	İçerik (%)	Element	İçerik (gr/ton)
SiO ₂	86,12	Au	26
Al ₂ O ₃	3,36	Ag	8,6
Fe ₂ O ₃	5,47	Mo	23
CaO	0,33	Cu	3519
MgO	0,01	Pb	3799
Na ₂ O	0,02	Zn	2639
K ₂ O	0,16	Ni	199
TiO ₂	0,10	As	824
P ₂ O ₅	0,04	Cd	21,6
MnO	0,01	Sb	11,8
Cr ₂ O ₃	0,07	Ga	9
LOI	3,40	U	1
Top. S	4,32	V	54
Top. C	0,06	Co	14,3
Org. C	-	Sr	34,4
Toplam	99,27	Zr	18,5

2.2 Yöntem

Mineralojik araştırmalar için seçilen parçalardan ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler optik mikroskop ve cevher mikroskobu ile detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 mikroskop altında gerçekleştirilmiştir.

Mastra cevherleri için liç testleri farklı öğütme süreleri sonrasında siyanürle yapılmıştır. Deneyler Kıka Labortechnic marka laboratuvar tipi bir karıştırıcıda 1400 dev/dk karıştırma hızında 24 saatlik liç süreleri için gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Liç çözelti pH’sı sodyum hidroksit (NaOH)

kullanılarak $\approx 10,5$ değerinde tutulmuş, NaCN konsantrasyonu 1,5 gr/lt olarak ayarlanmıştır. Belli aralıklarla sıvıdan deney süresince NaCN tayini yapılmış ve azalan NaCN derişimi 1,5 gr/lt de NaCN eklenerek sabit tutulmuştur. Siyanür liç deney parametreleri Tablo 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Karıştırma liç deney düzeneği.

Tablo 2. Siyanür liçinde kullanılan deney parametreleri.

Numune miktarı, gr	250
Su	Şebeke suyu
Tane boyu, 38 μ m geçen miktar yüzdesi	12, 22,34; 40; 60 ve 79,4
Pulp yoğunluğu, ağırlıkça %	25
pH (NaOH)	10-10,5
Karıştırma hızı, dev/dk.	1450
NaCN, gr/l	1,5
Liç zamanı, saat	24
Sıcaklık, C°	20 \pm 3

Liç işlemi bittikten sonra katı ve sıvıdan Au analizleri yapılmıştır. Liç kinetiğini takip etmek için belli aralıklarla çözeltiden sıvı örnekler alınarak NaCN ve Au analizleri yapılmıştır. Katı malzemeden Au analizleri Kral Suyu ile çözeltiye alındıktan sonra AAS (Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre) ile analiz edilmiştir. CN derişimi Rodanın indikatörü kullanarak AgNO₃ titrasyonu ile belirlenmiştir.

% 80’i -75 μ m olacak şekilde çubuklu değirmende öğütülmüş olan Mastra cevheri ile gravite zenginleştirme testleri laboratuvar tipi Knelson Konsantrator ile gerçekleştirilmiştir. Deney parametreleri Tablo 3’de verilmektedir. Elek fraksiyonlarına göre numunenin kümülatif elek altı tablosu ve altın tenör içerikleri Tablo 4’de verilmektedir.

Tablo 3. Knelson Konsantrator deney parametreleri

Besleme miktarı, gr/dk	1200
Su beslemesi, l/dk	4
Motor dönüş hızı, dev/dk	1425

Tablo 4. Mastra cevherin kümülatif elek altı miktarına bağlı tenör değişim tablosu

Boyut (µm)	Miktar (%)	Küm. Elek Altı (%)	Au (gr/ton)	Au (%)
+850	7.94		18.96	5.94
-850+600	18.05	92.06	12.36	8.80
-600+300	26.82	74.01	24.27	25.67
-300+150	17.91	47.19	27.74	19.59
-150+75	11.50	29.28	34.73	15.75
-75+38	6.50	17.79	39.67	10.17
-38	11.29	11.29	31.63	14.08
Toplam	100		25.35	100

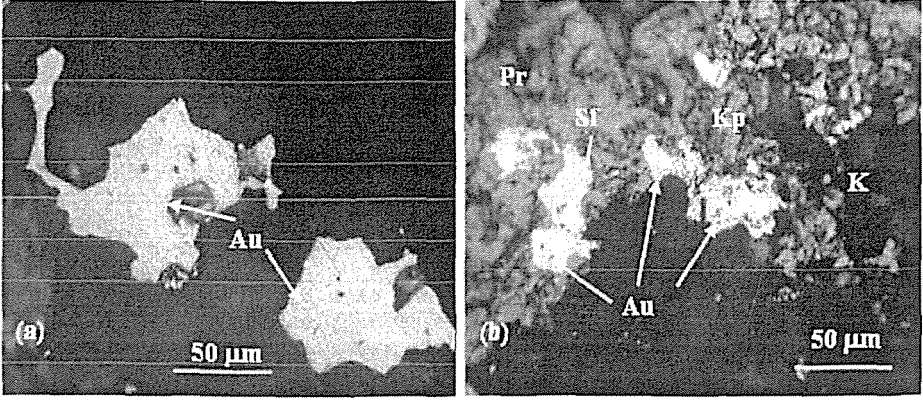
3 BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Cevher Mineralojisi

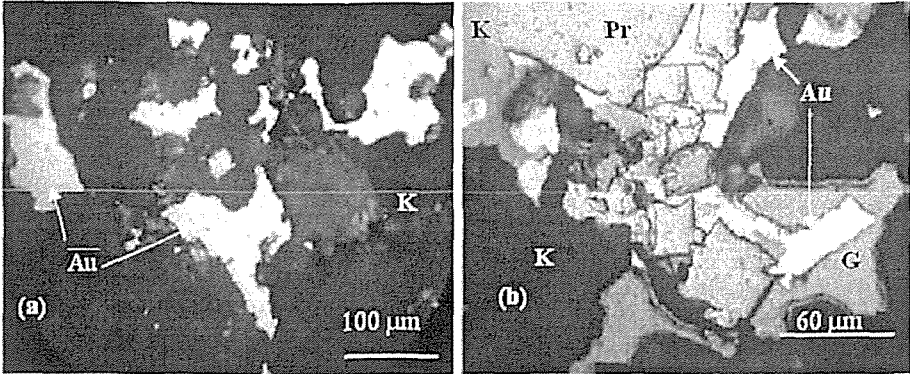
Mastra altın yatağı Eosen yaşlı volkanitler içinde yer almaktadır (Tüysüz vd., 1994). Cevher minerali olarak baz metal sülfürlere ilaveten nabit altın ve elektrik gang mineralleri olarak kuvars, barit ve karbonatlar bulunmaktadır. Mineralojik incelemeler sonucunda Mastra altın cevherinde altın, pirit, kalkopirit, galen, sfalerit ve kuvars tespit edilmiştir

(Şekil 3.a,b). Sülfür mineralleri genellikle birlikte bulunmakta ve katalastik dokular oluşturmaktadırlar (Şekil 4.b). Parlak kesitlerin mineralojik incelenmesi sonucunda cevherde kuvarsin yaygın mineral olduğu görülmüştür (Şekil 3.a,b, Şekil 4.a,b). Pirit, kalkopirit, sfalerit ve galen sülfür fazları olarak belirlenmiş olup birbirleriyle ilişkili bulunmaktadır. Piritler çoğunlukla çok farklı boyut aralığında öz şekilsiz saçınımlı, zaman zaman yarı özşekilli taneler şeklinde görülmektedir. Yer yer kırıklı bir yapıda olup konsantrik dokular göstermektedir (Tüysüz vd., 1994). Sfalerit taneleri genelde içerisinde kalkopirit kapanımları bulundurmaktadır. Kalkopirite iri boyutlu altın kapanımları eşlik etmektedir.

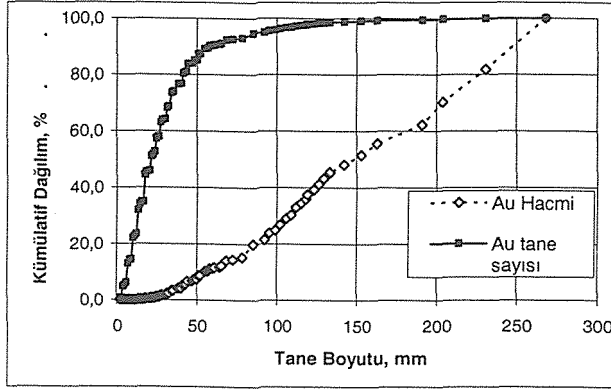
Cevherde bulunan altın tanelerinin yarısının $\leq 20 \mu\text{m}$ (Şekil 5) olmasına karşın, altının hacimsel dağılımı cevherdeki toplam altının % 50' sinin $\leq 150 \mu\text{m}$ olduğunu göstermektedir (Şekil 3) (Vıçıl ve Alp, 2002). Bu bulgular cevherdeki iri altın tanelerinin gravite ile de zenginleşebileceğini göstermektedir.



Şekil 3. (a) Kuvars içerisinde altın taneleri (204µm) (b) Kalkopirit, galen ve pirit ile ilişkili altın taneleri (95µm), (Au; altın, Pr; Pirit, Kp; Kalkopirit, Sf; Sfalerit).



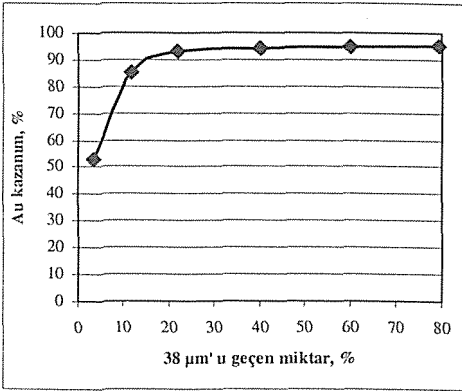
Şekil 4. Cevherde altın bulunuşu (a) Kuvars içerisinde altın taneleri, (b) Kalkopirit, galen ve pirit ile ilişkili altın taneleri, (Au; altın, Pr; Pirit, Kp; Kalkopirit, Sf; Sfalerit, Gn: Galen, K: Kuvars)(Yağ ortamında, x25).



Şekil 5. Cevherdeki altın tanelerinin boyut ve hacimsel dağılımı.

3.2 Siyanür Liç Sonuçları

Mastra cevherinin % 80'i 75 mikron altına öğütüldüğü durumda siyanür liçiyle % 90'ın üzerinde altın kazanımına ulaşılmaktadır. Siyanür liçi deney sonuçları göz önüne alındığında Mastra cevheri serbest altın cevheri (free milling) olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum mineralojik incelemede elde edilen sonuçlarla paraleldir. Mastra cevherinde ilk 8 saat içinde altının % 80'i çözeltilmeye alınmakta, diğer 16 saat içinde % 90-94 verim değerlerinin üzerine çıkılmaktadır (Şekil 6). Siyanür tüketimi 3,5-5kg/ton cevher arasında değişmektedir



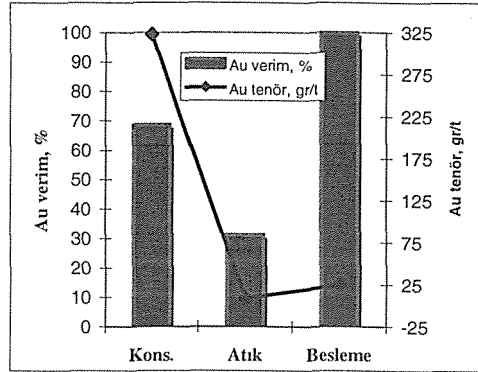
Şekil 6. Siyanür liçinde tane boyutunun Au kazanımı üzerine etkisi (1,5 gr/l NaCN).

3.3 Gravite Test Sonuçları

Gravite kazanım test sonuçları Tablo 5 ve Şekil 7'de görülmektedir. Cevherdeki altının % 68,71'i 322,6 gr/t Au tenörüyle kazanılmıştır. Beslemenin % 94,6' i 8,38 gr/t Au tenörüyle nihai atık olarak kalmıştır.

Tablo 5. Knelson gravite zenginleştirme sonuçları

ÜRÜN	Miktar (gr)	Miktar (%)	Au (gr/t)	Au (mg)	Au (%)
Kons.	1083,54	5,40	322,6	349,6	68,71
Atık	18988,55	94,60	8,38	159,2	31,29
Besleme	20072,09	100,00	25,35	508,8	100,0



Şekil 7. Knelson gravite testlerinin verim tenör değişim grafiği

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, siyanürün liç kimyasının çok iyi bilinmesine ve ince altın taneli cevherlere uygulanabilirliğine rağmen düşük liç kinetiği ve çevresel açıdan toksite özelliğine sahip olması nedeniyle gravite zenginleştirmenin potansiyeli üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmaya göre, Mastra altın cevherinde altın taneleri 1-300 µm boyutlarında serbest taneler olarak kuvars ve sülfür mineralleriyle birlikte bulunmaktadır. ≥150 µm boyutundaki altın tanelerinin yaklaşık %50 miktardaki varlığı gravite

zenginleştirmenin söz konusu olabileceğine işaret etmektedir. Öğütilen cevherin (-75 µm) Knelson Konsantratorle zenginleştirme testleri cevherdeki altının % 5,4 miktarıyla birlikte ile % 68,71 verim ve 322,6 gr/t tenörle kazanılabileceğini göstermiştir.

NaCN çözündürme deney sonuçları göz önüne alındığında Mastra cevherinin (% 90-95 Au kazanımı) serbest altın cevheri (free milling) olduğu söylenebilir.

Tüm çalışmalar sonucunda Mastra cevherinin iri ve kısmen daha iyi serbestleşen altın taneleri içermesinden dolayı santrifüj gravite ayırıcılarıyla zenginleştirilebileceği ve gravite atıklarının da yığın liçi ile kazanılabileceği söylenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçıl, A., 2001; First application of cyanidation process in Turkish gold mining and its environmental impacts, *Minerals Engineering* 15, 695-699.
- Alp İ., Vıçıl M., Celep O., Gümüşhane-Mescitli-Mastra Altın Cevherinin Türkiye ve Dünya Altın Madenciliğindeki Yerinin Değerlendirilmesi, A. Durmuş (Editör), Gümüşhane ve Yöresi Kalkındırma Sempozyumu, 22-25 Ekim 2002, Gümüşhane. s.365-376.
- Alp İ., Celep O., Devenci H., 2005. Application of Falcon Centrifugal Concentrator For Recovery of Gold from Mastra Ore. In Fetahu K., Peza V., Zoga P., Ahmataj F., Bode A. (eds.), *Proc. of the XIth Balkan Mineral Processing Congress: Mineral Processing in Sustainable Development*. 22-26 May, Tirana, Albania, s.314-320.
- Alp İ., Celep O., Devenci H., Yazıcı E.Y., Processing of Gold From Mastra (Gümüşhane-Turkey) Ore By Knelson Gravity Concentrator, In *International Conference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2004*. 14-18 June, Bulgaria, s.259-266.
- Alp, İ., Celep, O., Tüysüz, N., Vıçıl, M. ve Lermi, A., 2003, Mineralojik yapının cevher zenginleştirme işlemine etkisi: Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Altın Cevherleri Üzerine Örnek Çalışma, Proceedings of 18th International Mining Congress, ed. by G. Özbayoglu, Chamber of Mining Engineers of Turkey, Antalya, s.147-153.
- Bayraktar, İ. ve Yazar, B., Altın Cevherlerinin Zenginleştirilmesi ve Altının Ekstraksiyonu, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 9. Kongresi, Mayıs, 1985, Ankara, Bildiriler Kitabı, 75-96.
- Celep O., Alp İ., Devenci H., Yılmaz T., 2005. Knelson Santrifüj Ayırıcısı ile Mastra Altın Cevherinin Zenginleştirilmesi, Dincer H., Kırkoğlu S., Kural O. ve Önal G. (Edit.), Uluslararası Değerli Taşlar ve Metaller Semp. Bildiri Kitabı 29-30 Nisan, İstanbul, s.105-113.
- Celep, O., 2005; Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Cevherlerinden Altın Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Bölümü, Trabzon, Temmuz 2005, 120 sayfa.
- Deschenes, G. ve Wallingford, G., 1995; Effect of Oxygen and Lead Nitrate on the Cyanidation of a Sulphide Bearing Gold Ore, *Minerals Engineering*, 8,8, 923-931.
- Deschenes, G., Lacasse, S. ve Fulton, M., 2003; Improvement of Cyanidation Practice at Goldcorp Red Lake Mine, *Minerals Engineering*, 16 503-509.
- Deschenes, G., McMullen, J., Ellis, S., Fulton, M. ve Atkin, A., 2005; Investigation on the Cyanide Leaching Optimization for the Treatment of KCGM Gold Flotation Concentrate-phase-1, *Minerals Engineering*, 18, 832-838.
- Gönen, N., Leaching of Finely Disseminated Gold Ore with Cyanide and Thiourea Solutions, *Hydrometallurgy*, 69 (2003) 169-176.
- Gupta, C.K. ve Mukherjee, T.K., Hydrometallurgy in Extraction Processes, Volume I, Boston, 2000.
- Huang, L., Upgrading of Gold Gravity Concentrates: A Study of the Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, 1996.
- La Brooy, S.R., Linge, H.G. ve Walker, G.S., 1994; Review of Gold Extraction from Ores, *Minerals Engineering*, 7, 10, 1213-1241.
- Magumbe, L., Process Desing for Gold Recovery from The Chester Deposit, Yüksek Lisans Tezi, Laurentian Ün., 2002.
- Parekh, B. K. ve Abdel Khalek, M. A., Mısır Kömürlerinden Çevreyi Kirleten Bileşenlerin Uzaklaştırılması için Falcon Zenginleştiricisi Kullanımı, The Journal of Ore Dressing, 4,7 (2002) 20-28.
- Petruk, W., 1989; Recent progress in mineralogical investigations related to gold recovery, *Minerals Engineering*, 32, 37-39.
- Roshan, B.B., 1990; Hydrometallurgical Processing of Precious Metal Ores, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 6, 67-80.
- Tanrıverdi, M., Mordoğan, H. ve İpekoğlu, Ü., 2005; Leaching of Ovacık Gold Ore with Cyanide-Thiourea and Thiosulfate, *Minerals Engineering*, 18, 363-365.
- Tüysüz, N., Er, M., Yılmaz, Z. ve Akıncı, S., Geology, Mineralogy and Alteration of the Mastra Epithermal Gold - Silver Deposit, Gümüşhane, NE- Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences (Tübitak), 4 (1995), 11-21.
- Ubal dini, S., Fornari, P., Massidda, R. ve Abbruzzese, C., 1998; An Innovative Thiourea Gold Leaching Process, *Hydrometallurgy*, 48, 113-124.
- Ubal dini, S., Massidda, R. ve Abbruzzese, C., 1994; Factorial experiments in the study of a biooxidative pretreatment for a conventional cyanidation of a Turkey arsenical gold ore, Proc. of the 5th Int. Mineral Processing Symposium, 6-8 September, Kapadokya, Türkiye, s. 403-410.
- Ubal dini, S., Massidda, R., Abbruzzese, C., Veglio, F. ve Toro, L., 1996; Gold Recovery from Finely Disseminated Ore by Use of Cyanidation and Thiourea, Changing Scopes in Mineral Processing-Balkema, s. 559-562.
- Vıçıl, M. ve Alp, İ., Gümüşhane Yöresinde Bulunan Altın Yataklarındaki Altın Tanelerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması, Gümüşhane ve Yöresi Kalkındırma Sempozyumu, Ekim 2002, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı Cilt 1, 413-422.
- Vincent, F., A Comparison of Knelson Concentrator and Jig Performance for Gold Recovery, Yüksek Lisans Tezi, McGill University, Montreal, 1997.
- Xiao, J., Testing a New Gold Centrifugal Concentrator, Yüksek Lisans Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill Ün., Montreal, Kanada,

Artvin - Yusufeli Kömürlerinin Gravite Yöntemleri Kullanılarak Kükürt Miktarının Azaltılması

M. Yavuz, İ. Alp, R. Fidan, E. Şahinoğlu & İ. Erkan

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Artvin-Yusufeli-Müzret kömürlerinin kükürt içeriğinin yaş gravite yöntemleri ile azaltılabilirliği araştırılmıştır. Öğütme sonrası tane boyutu dağılımı ve boyuta göre piritik kükürt, kül dağılım değişimleri incelenmiş her tane fraksiyonuna yüzdürme-batırma testi uygulanarak pirit, kömür serbestleşme yüzdesi tane boyutuna göre değişimi araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre; söz konusu kömür için öğütme ile piritin serbestleştirilebildiği ve böylece gravite yöntemleri ile kolaylıkla uzaklaştırılabileceği bulunmuştur. Bu araştırmalardan sonra yaş gravite ayırıcısı ile öğütülmüş kömürden pirit uzaklaştırılması için deneyler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneylerde iri boyutta ayırma yapmak için sallantılı masa ve ince öğütme sonrasında kullanılan santrifüjlü gravite ayırıcısı olmak üzere iki farklı tip gravite ayırıcı kullanılmıştır. Sallantılı masa ile yapılan gravite ayırması sonucunda yaklaşık % 30 kül ve % 5 kükürt içeren 1,8 mm'nin altına öğütülmüş bir kömür örneğinden yanabilir karbon verimi ile % 10 küllü ve % 1,78 kükürtlü temiz bir kömür üretilebileceği görülmüştür. İşlemden kükürt uzaklaştırma verimi ortalama % 70 olarak gerçekleşmiştir. Knelson santrifüjlü gravite ayırıcısı ilk kademe sonunda yapılan kükürt analizlerinde yaklaşık olarak % 15,52 kükürt uzaklaştırıldığı görülmüş ve % 49 verim elde edilmiştir.

ABSTRACT: In this study, decreasing the Artvin-Yusufeli-Müzret coal deposits sulphide content with wet gravity methods was investigated. Following the grinding, grain size distribution and pyritic sulphur according to the size, ash distribution variations was examined and the variation of pyrite was investigated according to the coal liberation grain size using the floating and sinking tests. The results shows that the pyrite can easily liberated and can be removed as easy as liberation using the gravity methods. During the studies there were used two kinds of gravity separator as shaking table and centrifugal gravity separator. The results of the shaking table studies showed that a clean coal with 10% ash and 1,78 % sulphur could be produced and the sulphur was removed with an efficiency of 70 %. The Knelson centrifugal gravity separator study results showed that 15,52 % sulphur was removed with a efficiency of 49 % at the end of the first stage.

1 GİRİŞ

Kömürün yapısında bulunan kükürt ve diğer bileşenlerin sebep olduğu kül önemli bir etkidir. Ev kullanıcıları için kükürt ve kül önemli olurken, termik santraller için kül önemlidir.

Kül oranının yükselmesi değişik kullanım alanlarında, aşağıdaki olumsuzluklara sebep olur.

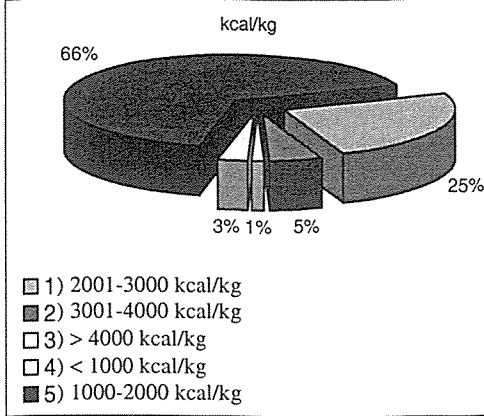
- Kömür yanıcı madde oranı azalmaktadır ve buna bağlı olarak kömür ısı değeri düşmektedir.
- Kömürün yanması zorlaşmaktadır
- Yanma kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır.
- Uzun mesafe taşımacılığında nakliye masrafını arttırmaktadır (Uslu, 2005).

Tablo 1. Türkiye Kömürlerinin Bölgelere Göre Analiz Değerleri (URL-1)

Bölgeler	Rezerv (10 ⁹ ton)	Nem (%)	Kükürt (%)	Kül (%)	A.I.D. (kcal/kg)
Kuzey-Batı And. Böl.	1,80	20,0	1,7	20	3500
Güney-Orta And. Böl.	3,50	50,0	2,0	20	1200
İç And. Bölgesi	1,45	30,0	3,2	25	3000
Güney Batı And. Böl.	0,90	30,0	2,0	20	2500
Tekirdağ Bölgesi	0,40	30,0	3,0	20	2500
Doğu And. Bölgesi	0,20	20,0	1,2	20	3000
TOPLAM	8,25	36,5	2,1	21	2240

Tablo 2. Kömürün kullanım alanları (Uslu, 2005).

KÖMÜR	
TAŞKÖMÜRÜ	LİNYİT
Teshin/Sanayi, Dumansız Yakıt	Çimento Fabrikaları ve Diğer Endüstriler
Demir ve Çelik Endüstrisi	Teshin/Sanayi, Dumansız Yakıt
Elektrik Enerjisi Üretimi	Büyük Oranda Elektrik Enerjisi Üretimi



Şekil 2. Türkiye linyit kaynaklarının toplam rezerv içindeki kalite payları (Uslu, 2005).

Tablo 3. Bazı Türk Linyitlerinin Kül Analizleri Sonuçları (Uslu, 2005).

	Seyitömer	Tunçbilek	Yatağan	Çayırhan	Soma	Aşkale
SiO ₂	27,84	60,14	30,00	49,70	48,61	54,40
Al ₂ O ₃	20,46	17,38	19,44	27,77	65,40	21,20
Fe ₂ O ₃	26,02	14,01	20,30	7,28	9,64	12,49
CaO	11,89	0,86	15,26	2,90	2,92	4,12
MgO	7,84	4,56	3,38	0,92	0,70	2,15
Na ₂ O	0,96	0,35	0,40	9,94	0,51	1,67
K ₂ O	0,46	0,19	1,14	0,97	1,24	1,99

Kömür dünya genelinde kükürt oranı, linyitlerde % 0,3-6, taş kömüründe %0,6-3 arasında değişmektedir. Türk linyitlerinin kükürt içeriği ise % 0,5-10,5 arasında bulunmaktadır (Ateşok, 1986).

Kömürün içerdiği kükürt organik ve anorganik kükürt olarak iki grupta incelenir. Kömürde hidrokarbon yapıya bağlı olarak bulunan tüm kükürde organik kükürt denir ve bunun kaynağı da kömürü oluşturan bitkiler gösterilmektedir. Anorganik kükürt ise disülfür halinde demire bağlanmış olarak bulunmaktadır. Bunlarda piritik kükürt ve sülfat kükürdüdür (Ateşok, 1986).

Kükürt her şeyden önce, hava kirliliği açısından istenmeyen bir kömür içeriğidir. Kükürt yandığında SO₂ oluşmakta ve bu da zehirleyici ve tahriş edici bir etki göstermektedir. Diğer taraftan, birçok kömür ve kok kullanan proseslerde kükürt, reaksiyonları

etkilemekte veya elde edilen ürün kalitesini bozmaktadır (Önal vd., 1986).

Küçük yakma sistemleri için ise, genelde yanar kükürt oranının % 1'den az olması istenmektedir. Ancak burada, kömür ısı oranı ile yanar kükürt oranı arasında bağlantı kurmayı unutmamak gerekir. Batı ülkelerinde, ev yakıtı olarak kullanılan kömürün ısı değeri oldukça yüksektir (7000 kcal/kg civarında). Türkiye de ise, düşük ısı değerli kömürler de, ev yakıtı olarak kullanılabilir (Önal vd., 1986). Bazı bilim adamları konu ile ilgili olarak çalışmalarda bulunmuşlardır.

Önal (1978), yüksek alan şiddetli Garpcio laboratuvar tipi yaş manyetik ayırıcı kullanarak 100 mesh'in altına ufaltılmış kömür numuneleri ile % 10 pulp yoğunluğunda ve 24000 Gauss'luk manyetik alanda piritik kükürdün uzaklaştırılmasını incelemiştir (Ateşok, 1986).

US. Bureau of Mines tarafından piritin uzaklaştırılması konusunda iki aşamalı bir flotasyon sistemi geliştirilmiş, piritik kükürdün %70-90'ı ve toplam kükürdün % 40-70'ini uzaklaştırmayı başarmışlardır (Ateşok, 1986).

Pittsburgh Energy Technology Center'da (PETC) geliştirilmiş olan ve kömürdeki kükürtlü bileşiklerin hava ile nötralizasyonuna dayanan petc yöntemi ile piritik kükürdün tamamına yakınının ve organik kükürdün bir kısmının bu yöntemle kömürden uzaklaştırılabildiği saptanmıştır (Ateşok, 1986).

2 SANTRİFÜLÜ GRAVİTE AYIRICILAR

İnce tanelerin gravite zenginleştirilmesi güç olmaktadır. Jigler, savaklar, konik ve spiraller 100 µm' ye kadar zenginleştirme yaparken bu boyut altındaki değerlerde etkinliklerinin kaybetmektedirler. Buna alternatif olarak son yıllarda yeni santrifüj gravite seperatörleri geliştirilmiştir (XIAO, 1998).

Santrifüjlü gravite ayırıcılar, ekonomik ve metalürjik kazanımda verimli olması, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, toplam tesis kapasitesinde artış sağlaması, yüksek tenörlü konsantrite üretebilmesi, ucuz ve pratikte basit bir işlem olması, sağladığı yüksek merkezkaç kuvveti sayesinde ince tane kazanımına olanak sağlaması (Bu merkezkaç kuvveti zenginleştirilen tanelere <300 G' lik bir yerçekimi kuvveti uygular) ve su tüketiminin düşük oranlarda olmasından dolayı kullanışlı bir yöntem olmuştur (XIAO, 1998).

Knelson konsantratörü diğer santrifüjlerle karşılaştırıldığında, ayırma mekanizması ya da dizayn özellikleri açısından oldukça farklıdır. Jiglere ve spiraller gibi gravite ile zenginleştirme yapabilen mekanizmalardan daha ince altın taneleri kazanabilmektedir (Knelson & Jones, 1993).

Knelson'un diğer avantajı, bazı diğer santrifüj makinelerinin yapmadığı, şlamdan uzaklaştırma işlemine gerek duymadan malzemeyi zenginleştirmesidir (Knelson & Jones, 1993).

2.1 Knelson Konsantrörünün Çalışma Prensibi

Knelson konsantrör, serbestleşmiş tanelerden gravite ile ağır mineralleri maksimum düzeyde kazanmak için tasarlanmış bir ekipmandır. Bu prosesin ilk örneği alüvyonlardan altın kazanımı için uygulanmıştır. Serbest haldeki taneler konsantr konisine beslenir ve mineraller merkezkaç kuvvetinin etkisi ile konsantr konisinin oluklarına doğru itilirler (Xiao, 1998).

Akıcı hale gelen taneler yatak içindeki olukları kapasitesi kadar doldurur. Akış, koninin simetri merkezine doğrudur. Sürtünme, oluklara kaçmış olan gang mineralin dışarı itilmesini sağlar. 30"lik Knelson Konsantrörü 400 dev/dk'lık bir hızda döner ve bu da ortalama 50 km/sa'lık bir çevresel hız sağlar. Bu dönüş hızı tane üzerinde 60 g'ye (g: yerçekimi) eşit bir santrifüj kuvvet oluşturur. Genellikle Knelson Konsantröründe tüm taneler 60G'lik kuvvete maruz kalırlarken oluklu savak zenginleştirmesinde 1G 'ye maruz kalırlar (Xiao, 1998).

Yerçekimi ile ağır taneler koninin altına çökerken, sürtünme kuvveti ve dönme hareketi ile gang mineralleri koninin olukları boyunca yukarı doğru itilir ve merkez kaç kuvveti taneleri oluklarda tutmaya çalışır. Gravite konsantrör cihazında üç kuvvet ayırma prosesini yönetir ama bu kuvvetlerden sadece ikisi optimal konsantr için kontrol edilir.

Koninin ardı ardına bulunan oluklarına ağır minerallerle birlikte kaçmış olan gang minerallerini temizlemek için verilen su, sürtünme etkisi ile taneleri oluklardan çıkarır ve yukarı hareket ile koniden uzaklaştırır. Böylece ağır tanelerin daha çok olduğu bir konsantr elde edilmiş olunur. Burada uygun bir ayırma işlemi taneler arasındaki yoğunluk farkına bağlı olmaktadır.

3 MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada Artvin-Yusufeli-Müzret kömürleri kullanılmıştır.

Müzret bölgesindeki Galeri 1'den alınan kömür örneğine petrografik incelemelerin uygulanması sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'te verilmiştir (Alp vd., 2002).

Müzret kömürlerinin kuru-külsüz bazda, % 14,03–32,64 uçucu madde ve % 85,97–67,36 sabit karbon içeriği ve 8521–8641 kcal/kg kalorifik değerine sahip olduğu bulunmuştur ve bununla ilgili diğer değerler Tablo 5'te verilmiştir (Alp vd., 2002).



Şekil 3. Yer bulduru haritası (1)

Tablo 4. Yusufeli-Müzret kömürlerinin petrografik bileşimi (hacimce %) (Alp vd., 2002).

	Masareller	Mineraller
Vitrinit (%)	55	-
Eksinit (%)	8	-
İnertinit (%)	8	-
Pirit (%)	-	15
Kalsit-Kil (%)	-	12
Diğer Min. (%)	-	2

Tablo 5 Müzret kömür örneklerinin havada-kuru ve kuru-külsüz analiz değerleri ve sınıflandırılması (Alp vd., 2002).

Fiz. ve Kim. Özellikler	Galeri 1	Galeri 2	Galeri 3	Galeri 4
Yoğunluk (gr/cm ³)	1,8	1,72	1,59	1,7
Nem (%)	1,24	1,36	0,54	1,26
Kül (%)	20,91	24,26	20,21	14,22
Uçucu Madde (%)	10,92	11,59	23,54	27,59
Sabit Karbon (%)	66,93	62,79	55,71	56,93
Yanar Kükürt (%)	5,59	4,63	2,87	6,52
Kok (%)	87,84	87,05	75,92	71,15
Üst Kalorifik Değer (kcal/kg)	6674,5	6338,2	6816,4	7303,6
ASTM Sınıflamasında Yeri	Düşük Uçuculu Bitümlü Kömür		Orta Uçuculu Bitümlü Kömür	

3.2 Yöntem

Bu çalışmada Müzret kömürlerinden kükürt miktarının azaltılması için Knelson santrifüjli gravite ayırıcısı kullanılmıştır. Şekil 4'de Knelson konsantratörünün ayırma konisi üstten görülmektedir.

Müzret kömürlerinden alınan numuneler merdaneli kırıcıdan geçirildikten sonra 1 mm'lik elekten elenerek tüm numunenin boyutunun 1 mm'nin altına indirilmesi sağlanmıştır. Elenen numuneden yaklaşık olarak 1 kg numune elde edebilmek için örnek bölücü vasıtasıyla bölünerek ağırlığı 1113,7 gr olan numune elde edilmiştir. Bu miktar da tekrar örnek bölücü ile bölünerek 71,47 gr deney numunesi elde edilmiştir.

Deney numunesi olacak şekilde bölünen malzeme 3, 6, 9 ve 13 dakikalık öğütmelere tabi tutulup her öğütme sonunda elek analizleri (500 µm, 300 µm, 106 µm) yapılmış ve kümülatif elek altı grafikleri çizilmiştir.

Yapılan elek analizleri sonucunda Knelson santrifüjli gravite ayırıcısına 3 ve 13 dakikalık öğütme sonucundaki ufalanmış malzeme farklı su basınçlarında beslenmiştir.

Besleme standart model Knelson konsantratörün haznesi içine düşey bir tüp vasıtasıyla gravite olarak, % 0-70 pulp yoğunluğunda yapılmıştır.

Knelson santrifüjli gravite ayırıcısı sonunda elde edilen dört konsantrite ve Knelson ayırıcısına beslemeden önceki numunelerden iki örnek alınarak, bu altı numuneye kül, piritik kükürt ve sülfat kükürdü analizi yapılmıştır.



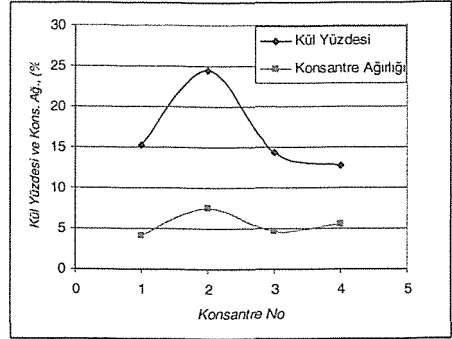
Şekil 4. Knelson iç huni kısmının görüntüsü

4 BULGULAR ve TARTIŞMA

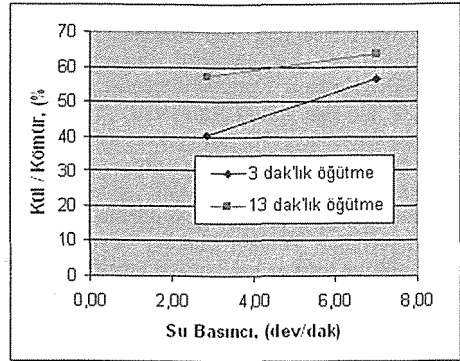
Yapılan öğütme işlemleri ve nelson konsantratörü deneyleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Bunların yanında konsantrite ağırlığına göre kül

değişimini ve Knelson konsantratörünün farklı yıkama suyu debilerinde Kül/Kömür oranı grafikleri de Şekil 5 ve 6' da gösterilmiştir.



Şekil 5. Konsantrelerdeki Konsantrite Ağırlığına Göre Kül Yüzdesi



Şekil 6. Knelson Konsantratörünün Farklı Yıkama Suyu Debilerinde Kül/Kömür Oranı

5 SONUÇLAR

Knelson konsantratöründe kömürden pirit uzaklaştırılması çalışıldığında, tane boyutunun büyük ve yıkama suyu debisinin düşük olduğu durumda ayırımın verimli olmadığı görülmektedir. Tane boyutunun büyük olmasıyla konsantratör içindeki huninin iç kısmında fazla duramayacak ve yıkama suyunun da etkisi ile iyi verim alınamayacaktır.

Düşük yıkama suyu debisinin verim üzerindeki etkisinde ise konsantrite olarak alınması gereken piritte iri kömür teneleride huninin içerisinde kalacaktır.

Bu çalışmalar sonunda grafik ve elde edilen bulgular doğrultusunda knelson konsantratörüne beslenen malzemenin iyi bir şekilde ayırımının

sağlanması için ekipmanın yıkama suyu debisinin yüksek ve tane boyutunun ince olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Nelson santrifüjli gravite ayırıcısı ilk kademe

sonunda yapılan kükürt analizlerinde yaklaşık olarak % 15,52 kükürt uzaklaştırıldığı görülmüştür ve % 49 verim elde edilmiştir.

Tablo 6. Numunelerin Knelson Öncesi ve Sonrası Durumundaki Kül Analiz Değerleri ile Hesaplamaları

Deney No	Kroze No	Boş Kroze (gr)	Kroze + Kömür (gr)	Kömür (gr)	Kroze + Kül (gr)	Kül (gr)	Kül/kömür (%)	Kül Yüzdesi
Konsanre 1	1	8,1340	9,2329	1,0989	8,8316	0.6976	63,4817	15,22
	2	8,7591	9,8174	1,0583	9,4301	0.6710	63,4036	15,20
Konsanre 2	3	8,6834	9,8367	1,1533	9,3311	0.6477	56,1606	24,40
	4	9,1649	10,2416	1,0767	9,7749	0.6100	56,6546	24,60
Konsanre 3	5	9,5218	10,5548	1,0330	10,1111	0.5893	57,0474	14,28
	6	7,5616	8,6193	1,0577	8,1647	0.6031	57,0200	14,28
Konsanre 4	30	8,5703	9,5797	1,0094	8,9826	0.4123	40,8460	12,95
	8	9,6873	10,7440	1,0567	10,1089	0.4216	39,8978	12,65
3 dk.'lık Öğütme	9	9,1992	10,2655	1,0663	9,3799	0.1807	16,9465	100
	10	9,7402	10,7947	1,0545	9,9256	0.1854	17,5818	100
13 dk.'lık Öğütme	20	9,2526	10,3725	1,1199	9,4430	0.1904	17,0015	100
	12	8,7462	9,8325	1,0863	8,9312	0.1850	17,0303	100

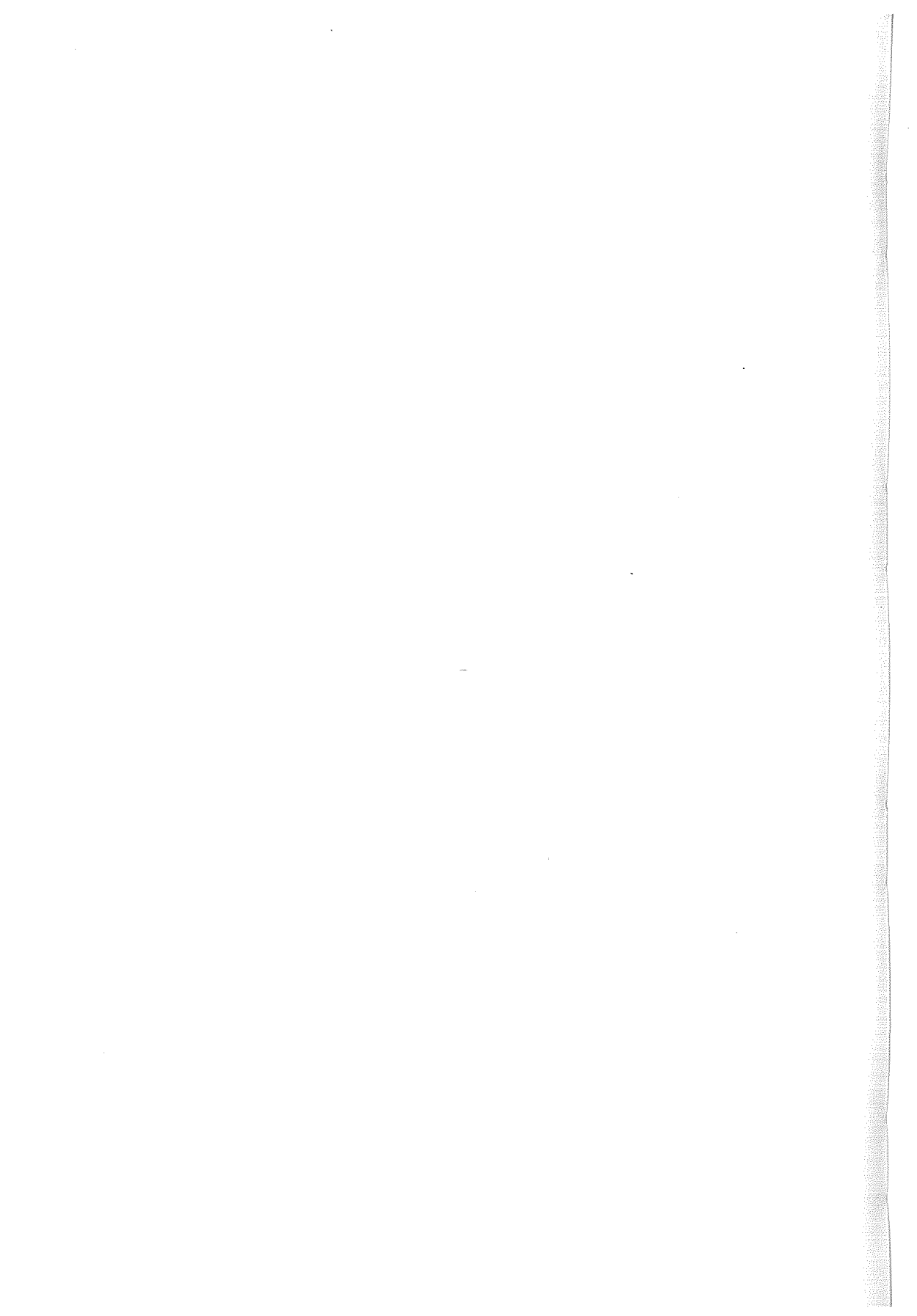
Tablo 7. Numunelerin Knelson Öncesi ve Sonrası Durumundaki Piridik Kükürt Analiz Değerleri ile Hesaplamaları

Ürünler	Deney No	Kroze No	Kömür (gr)	Boş Kroze (gr)	Kroze+BaSO ₄ (gr)	BaSO ₄ (gr)	% S
Konsanre 1	1	1	1.1913	16.9943	18.057	1.0627	12.2514
	2	2	1.0594	15.1172	16.2591	1.1419	14.8035
Konsanre 2	3	3	0.9524	16.0353	17.164	1.1287	16.2763
	4	4	1.0079	15.6748	16.7587	1.0839	14.7696
Konsanre 3	5	5	0.9955	14.1868	15.285	1.0982	15.1509
	6	6	1.0153	14.0989	15.1541	1.0552	14.2737
Konsanre 4	7	7	1.0895	16.0995	17.1111	1.0116	12.752
	8	18	1.2651	14.9354	16.0053	1.0699	11.6115
3 dak'lık Öğütme	9	9	0.9952	17.0531	17.2751	0.222	3.0637
	10	10	1.0718	14.3248	14.4541	0.1293	1.6568
13 dak'lık Öğütme	11	11	1.0964	16.6982	17.0191	0.3209	4.0197
	12	12	1.0995	14.2258	14.5565	0.3307	4.1308

KAYNAKLAR

- Alp İ., Uslu T., Yıcal M., Yılmaz A.O., Devci H., 2004. Artvin-Yusufeli-Müzret Kömürlerinin Tanıtımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, TRABZON
- Ateşok G., 1986, Kömür Hazırlama, İSTANBUL
- Knelson B., Jones, R., 1993, A new generation of Knelson Concentrators a totally secure system goes on line , Mineral Engineering

- Önal, G., Doğan Z., Atak S. ve Ateşok G. 1986, Kömürün Zenginleştirilmesi ve Lavvar tesislerinin çalıştırılması, İSTANBUL
- Uslu T., 2005, Yayınlanmamış Kömür Hazırlama Teknolojisi Ders Notları, TRABZON
- URL1: http://www.kho.edu.tr/yayinlar/bilimdergisi/doc/2004_1/9_ErcanKAYA_EnerjiPolitikaları_doc
- Xiao, J., 1998, Testing a new gold centrifugal concentrator.



Yığın Liçi Çözeltilisinden Sementasyon ile Bakır Kazanımı Uygulaması: Helva Madeni (Bayburt)

E. Y. Yazıcı & İ. Alp, H. Deveci, T. Yılmaz, O. Celep
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Cevherlerden metal kazanımı için karıştırmalı liç yönteminin ekonomik olmadığı durumlarda düşük tenörlü oksitli/sülfürlü bakır cevherleri için genellikle yığın liçi tercih edilmektedir. Bu çalışmada Bayburt iline bağlı Maden bucağının 3 km güneybatısında yer alan Helva madeninde eski madencilik faaliyetlerinden kalan pasalara uygulanan yığın liçi+sementasyonla bakır kazanımı işlemi incelenmiştir. Sementasyon işlemine verilen yüklü çözelti 0,41-2,58 gr/lit Cu, 0,33-0,74 gr/lit Zn ve 0,68-1,12 gr/lit Fe içermektedir. Sementasyon işlemi için hurda demir saç kırıntıları sementasyon havuzuna eklenmektedir. Sement bakırın Cu içeriği % 60-70 arasındadır.

ABSTRACT: Heap/dump leaching is used for low grade oxidized/sulphide copper ores when conventional stirred tank leaching is not economical. In this study the heap leaching+cementation process used for old mining tails located in Bayburt-Maden was reported. The pregnant solution fed to the cementation tanks contain 0.41-2.58 g/l Cu, 0.33-0.74 g/l Zn and 0.68-1.12 g/l Fe. Scrap iron is used to produce cement copper with a copper content of 60-70%.

1 GİRİŞ

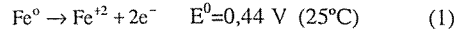
Cevher içerisinde bulunan değerli metalin geleneksel liç yöntemleri (karıştırmalı tank liçi, perkolasyon liçi) ile ekonomik olarak çözeltiliye alınmadığı durumlarda genellikle yığın liçi yöntemi tercih edilmektedir. Yığın liçi düşük tenörlü cevherlere veya eski madencilik atıklarına uygulanmaktadır. Altın, gümüş, bakır ve uranyum cevherleri için yığın liçi uygulamaları bulunmaktadır. Yığın liçinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri geleneksel liç yöntemlerine göre düşüktür. Yöntemin dezavantajlarından birisi liç verimi ve etkinliğinin atmosferik şartlardan (yağmur, sıcaklık vb.) kolayca etkilenir olmasıdır. Bakır içeriği düşük olan cevher veya atıklara yığın liçi uygulaması yaygın olarak kullanılmaktadır (Girgin ve Kırşan, 1990).

Yüklü liç çözeltilerinden bakırın kazanımı için farklı yöntemler bulunmaktadır; solvent ekstraksiyon, çöktürme/sementasyon ve iyon değişimi (Fabian vd., 1997). Solvent ekstraksiyon ve özellikle iyon değişimi yönteminin maliyeti daha yüksektir. Yüklü liç çözeltilisinden bakır içeriği 1-3 gr/lit'den yüksekse genellikle solvent ekstraksiyon yöntemi, düşükse sementasyon yöntemi tercih edilmektedir. Sementasyon yönteminde bakır metalik olarak kazanılmaktadır. Kontrolü kolay bir yöntemdir. Ayrıca yatırım ve

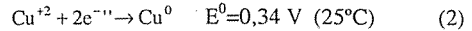
işletme maliyetleri diğer yöntemlere göre düşüktür. Sementasyon yönteminde, çözülmüş değerli metalin bulunduğu ortama daha aktif (daha kolay yükseltgenen) olan bir metal eklenir. Çözeltideki değerli metal indirgenerek eklenen metalin yüzeyine çöker ve daha aktif olan metal de yükseltgenerek çözeltiliye geçer (EPA, 1994; Manahan, 2001). Demir bakırdan daha aktif bir metaldir (Tablo 1). Bakır çözeltilerinden bakırın kazanılması için çözeltiliye genellikle hurda demir kırıntıları eklenerek sementasyon yapılmaktadır. Demir yüzeyine çökelmiş olan metalik bakır ürününe "Sement Bakır (\approx %60-90 Cu)" denilmektedir. pH genellikle 2'de kontrol edilmektedir. Bakırın demirle sementasyonu yükseltgenme ve indirgenme tepkimeleri sonucu meydana gelmektedir (EPA, 1994; Fabian vd., 1997; Manahan, 2001; Dib ve Makhloufi, 2004).

Çözeltideki bakırın demir ile sementasyonu sırasında şu tepkimeler meydana gelmektedir:

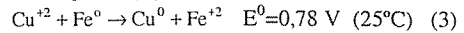
Demirin yükseltgenmesi



Bakırın indirgenmesi



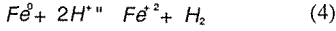
Tam tepkime şöyle ifade edilir:



Tablo 1. Elektropotansiyel tablosu (Kılıç ve Köseoğlu, 1999)

İndirgeme Reaksiyonları	E ⁰ (V)
Ag ⁺ _(s) + e ⁻ → Ag _(k)	0,80
Cu ⁺² _(s) + 2e ⁻ → Cu _(k)	0,34
2H ⁺ _(s) + 2e ⁻ → H _{2(g)}	0
Cd ⁺² _(s) + 2e ⁻ → Cd _(k)	-0,40
Fe ⁺² _(s) + 2e ⁻ → Fe _(k)	-0,44
Zn ⁺² _(s) + 2e ⁻ → Zn _(k)	-0,76
Al ⁺³ _(s) + 3e ⁻ → Al _(k)	-1,66

Sementasyon yönteminin en önemli dezavantajı yan tepkimelerden dolayı stokiometrik orana göre gereken demir miktarından çok daha fazla demir tüketilmesidir. Stokiometrik olarak 1 kg bakırın çökeltilmesi için 0,88 kg demir gerekirken pratikte bu miktar 1,2-2,6 kg'a çıkmaktadır. Düşük pH'larda demir tüketimi önemli oranda artmaktadır (Dib ve Makhloufi, 2004):



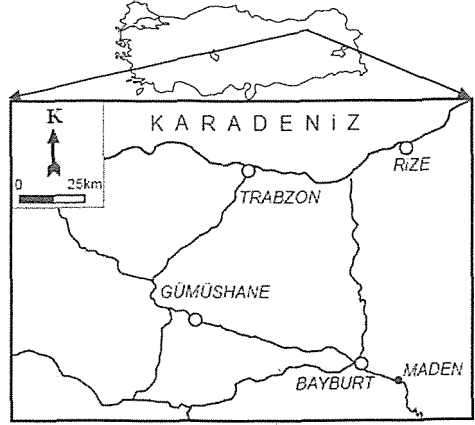
Bakır çözeltilsinde Fe(III) iyonunun bulunması da demir tüketimini artırmaktadır. Çözeltiye SO₂ gazı verilerek Fe(III) iyonun indirgenmesi sağlanabilir.

Çözeltilerdeki bakırın demirle sementasyonunda dar tanklar, döner tamburlar veya konik çöktürücüler (Kennecott konisi) kullanılır. Konik çöktürücülerde bakır çözeltisi koninin alt ucunda basınçla hurda demir üzerine püskürtülür. Böylece çözeltinin demirle teması daha iyi sağlandığı için tepkime hızı ve bakır kazanma oranı daha yüksek olmaktadır (Akdağ, 1986). Bakır içeriği düşük olan cevherlerden bakırın kazanılması için yığın liçi+sementasyon yöntemi ekonomik yönden tercih edilmektedir.

2 HELVA MADENİ (BAYBURT)

Saha, Bayburt ili Merkez-Maden bucağının 3 km güneybatısında, Sıraşlar sırtının kuzey yamacında yer alır (Şekil 1). Saha ve çevresinde Üst Kretase yaşlı çamurtaşı, kiltası, tüf, spilit, bazalt, diyabaz ve radyolarit, kireçtaşı olistolitlerinden oluşan ofiyolitik karışık (Melanj) ile bunların üzerinde aynı yaşlı resifal kireçtaşları yüzeylenir (Güner, 2000).

Sahada eski madencilik faaliyetlerinde kalan pasa ve curuflar bulunmaktadır. Madenin ilk işletilmesiyle ilgili kesin bilgi bulunmamakla beraber Rom Pontus ve Osmanlı devletleri zamanında işletildiği sanılmaktadır. Sahanın 1914 yılından önce yeraltı madenciliği ile işletildiği bilinmektedir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası

İşletme zonunun iki yanında açılmış bulunan iki galeri bugün kapalı durumdadır. Üretilen zengin damarların ergitme ile değerlendirildiği düşünülmektedir. Cumhuriyet yıllarında özel teşebbüs tarafından gerek galerilerden üretilmiş cevherden ve gerekse eski üretim artıklarından bakırın kazanılması için çeşitli faaliyetler yapılmıştır. Bu çalışmalarda boyut ufalama sonrasında cevher, karıştırma tanklarında asitli su ile tepkimeye sokulmuş, dinlendirme havuzlarında katı-sıvı ayrımı yapıldıktan sonrada sementasyon havuzlarına gönderilmiştir. Elde edilen sement bakır ergitme ile nihai ürün olarak değerlendirilmiştir. Yeraltı işletmesine ve karıştırmalı liç çalışmalarına 20 yıl önce son verilmiştir. O tarihten bu yana eski üretimlerin ortaya çıkardığı pasalar yığın liçi ile değerlendirilmeye çalışılmaktadır (Şekil 2). Eski üretim pasalarının bakır içeriği bölgesel olarak %0,1-4,3 Cu aralığında değişim göstermektedir. Yığınlar içerisinde bol miktarda pirit ve az oranda kalkopirit ve oksitli bakır çözeltiler bulunmaktadır (Brennich, 1963).

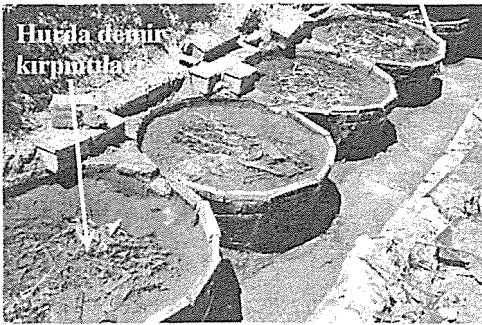
Helva maden sahasında, bakır mineralleri içeren pasa yığınlarının üzerine su verilerek yıkamaya tabi tutulmakta ve oluşan bakırlı eriyikler su toplama oluk ve galerileri ile toplanmaktadır.



Şekil 2. Yığın liçi uygulanan pasalar

İşletmede kullanılan taze su 2 km. mesafeden su kanalları ile doğal kaynaktan getirilmektedir. Plastik borular vasıtası ile tek noktada toplanan bakırlı su sementasyon havuzlarına verilmektedir. Sementasyon işlemine verilen su içerisinde bakır 0,41-2,58 gr/lit, çinko ise 0,33-0,74 gr/lit ve demir ise 0,68-1,12 gr/lit konsantrasyonlarda bulunmaktadır.

Bakır sementasyonu, 2 m. çapında ve 1 m. yüksekliğe sahip ağaçtan yapılmış silindirik-konik havuzlarda gerçekleştirilmektedir. Suyun bakır içeriğine ve mevsimlere bağlı olarak 24 ile 48 arasında değişen sayılarda sementasyon havuzu birbirine seri olarak bağlanmaktadır. Sementasyon işlemi hurda demir saç kırıntılarının havuz içerisine konulması ile bakırın çökeltilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Seri bağlı sementasyon havuzları

Bakır sementasyon havuzlarından çıkan suyun bir kısmı bir pompa yardımı ile tekrar yığınların üzerine basılmaktadır. Sementasyon havuzlarında biriken sement bakır %60-70 oranında bakır içermektedir ve belli aralıklarla alındıktan sonra döner ergitme fırınlarında saflaştırılarak külçe halinde dökümü yapılmaktadır. Dökülen külçeler ergitme fırınlarında yumuşatılarak kullanım alanına uygun olarak sac haline getirilerek pazarlanmaktadır.

3 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada düşük tenörlü cevherlere ve eski madencilik atıklarındaki değerli metalin ekstrakte edilmesinde yaygın olarak kullanılan yığın liçi yöntemi ve yüklü liç çözeltilerindeki metalin kazanımı için kullanılan sementasyon yöntemi tanıtılmıştır. Bayburt ili Merkez-Maden bucağında bulunan bakır içeren pasalara yığın liçi+sementasyon uygulanarak metalik bakır kazanılmaktadır. Metal içeriği düşük cevher ve atıklardaki metalin kazanımı için sementasyon yöntemi tercih edilmektedir. Fakat bu yöntemin en önemli dezavantajı metal kazanım oranının düşük olmasıdır. Bu çalışmada sunulan prosesteki sementasyon veriminin artırılması için kullanılmakta olan sementasyon havuzları yerine Kennecott konisi kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, M., 1986. *Ekstraktif Metalurji-Hidrometalurji ve Uygulamalar*. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Brennich, G., 1963. Bayburt Civarındaki Helva Bakır Madeni Zuhuru.
- Dib, A. ve Makhloufi, L., 2004. Cementation Treatment of Copper in Wastewater: Mass Transfer in a Fixed Bed of Iron Spheres. *Chemical Engineering and Processing*, 43, 1265-1273.
- EPA, 1994. Technical Resource Document-Extraction And Beneficiation Of Ores And Minerals (Volume 4) Copper. U.S. Environmental Protection Agency, Rapor No: 530-R-94-031, Washington (www.epa.gov.tr).
- Fabian, H. ve Richardson, H.W., Habashi, F., Besold, R., 1997. Copper, in *Handbook of Extractive Metallurgy*, Ed: Fathi Habashi, Volume II, Wiley-VCH, New York.
- Girgin, İ. ve Kırşan H. İ., 1990. Yığın Liçi Uygulamaları ve Ekonomik Açısından Önemi, *Madencilik Dergisi*, Cilt:30, Sayı:3, 39-43.
- Güner, S., 2000. Doğu Karadeniz'de Madencilik Tarihçesi. MTA No: 677, Ankara.
- Kılıç ve Köseoğlu, 1999. *Analitik Kimya*, Bilim Yayıncılık, Ankara.
- Manahan, S. E., 2001. *Fundamentals of Environmental Chemistry*, 993 s., CRC Press.

Atık Banyo Çözeltilerindeki Gümüşün Sementasyon İle Geri Kazanımı

E. Kırmızıkan & G. Güldan, E. Y. Yazıcı, İ. Alp, H. Deveci, C. Duran, O. Celep
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada hastahane atık banyo çözeltilerindeki gümüşün sementasyon yöntemiyle kazanılması araştırılmıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesi (KTÜ) ve Akçaabat Devlet Hastanesi'nden (AKCA) alınan X-Ray filmi atık banyo çözeltileri kullanılmıştır. Atık banyo çözeltilerinin ortalama Ag içeriği 3,7 gr/lit (KTÜ) ve 7,75 gr/lit (AKCA) olarak belirlenmiştir. Gümüşü çöktürmek için daha aktif olan çinko, bakır ve alüminyum kullanılmıştır. Aynı zamanda Cl⁻ ve EDTA'nın Ag kazanımına etkisi de incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda X-Ray filmi atık banyo çözeltisinden 2 gr Zn tozu ile gümüşün % 99,7'si, bakır ve alüminyum ile yapılan deneylerde ise bakır ile gümüşün % 42,8'i ve alüminyum ile % 53,1'i kazanılmıştır.

ABSTRACT: In this study the recovery of silver from the waste development solutions of X-ray films using cementation method was investigated. Waste solutions are kindly provided by Karadeniz Technical University Farabi Hospital (KTÜ) and Akçaabat State Hospital (AKCA). The silver content of the solutions were determined as 3,7 g/lit and 7,75 g/lit, respectively. In the experiments zinc, copper and aluminum were used to precipitate silver from the solution. The effect of Cl⁻ and EDTA on the Ag recovery were also investigated. 99.7% of the silver in the solution was recovered by 2 g Zn powder. It was observed that copper and aluminum are not as effective as zinc, with the silver recovery of 42.8% and 53.1%, respectively.

1 GİRİŞ

Üretilen gümüşün yaklaşık olarak %40-50'si ışığa duyarlılığından dolayı fotoğrafçılıkta tüketilmektedir. Fotoğraf filmlerinde gümüş, bir jelatin matriksi içinde AgBr gibi tuz kristalleri şeklinde bulunur (Gökgöz, 1980; Kodak, 1999; Anonim, 2006). Dünya gümüş ihtiyacının yaklaşık % 25'i başta film atıklarından olmak üzere geri kazanım yoluyla elde edilmektedir. Bu yüzden gümüşün geri kazanımı konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Gümüşün geri kazanımı için kullanılacak yöntem atığın türüne (katı ya da sıvı) ve içerdiği gümüş derişimine bağlıdır. Örneğin iyon değişimi yüksek gümüş derişimine sahip atık sular için uygun değildir. Değerli bir metal olmasının yanında EPA'nın zehirli metaller listesindeki sekiz metalden biri olan gümüş için öngörülen sınır değerleri çok düşüktür ve bu nedenle geri kazanımının yanında giderimi de önemli bir konudur (Bayram, 1997; Güldan, 2005). Banyo atık çözeltilerinden gümüş; elektrolitik yöntem, sementasyon, iyon değişimi yöntemi ve çöktürme yöntemleri ile kazanılabilir (Anonim, 2006).

Gümüşün elektrolitik olarak geri kazanılmasının en önemli üstünlüğü kayıp gümüş miktarını azalmasıdır. Elektrolitik olarak gümüşün geri kazanılmasındaki işlem tiyosülfat ile kompleks halindeki gümüş çözeltisinden metalik gümüşün katotta toplanarak geri kazanılmasıdır. İki elektrot arasına düşük bir gerilim uygulandığı zaman negatif yüklü katotta gümüş tiyosülfat kompleksi metalik gümüşe ve tiyosülfat iyonuna indirgenir. Katotta toplanan gümüş mekanik olarak katot yüzeyinden sıyrılır (Kodak, 1999).

Sementasyonda (metalik yer değiştirme), çözünmüş metal ihtiva eden çözelti çok aktif bir metal ile temas ettirilerek, çözünmüş metal iyonları elektrokimyasal olarak aktif metal üzerinde metalik bir hale indirgenirken; buna karşılık çok aktif olan metalin bir kısmı da iyon halinde çözeltiliye geçer. Daha aktif metal, iyon yada kompleks olarak çözeltiliye geçer ve buna karşılık daha az aktif metal çöker veya daha aktif olan metalin yüzeyinde birikir. Gümüşün bu yöntemle geri kazanılmasında en yaygın kullanılan aktif metal demirdir. Bunun dışında alüminyum, bakır ve çinko da denenmiştir. Tablo 1'den görüldüğü gibi demir, çinko ve alüminyum gümüşten daha aktiftir. Bakır ve çinko daha pahalı olması ve

demire göre çevre açısından daha ciddi denetim altında olması nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir (Kodak, 1999; Güldan, 2005). Bu çalışmada atık film banyolarından gümüşün sementasyonla kazanımı araştırılmıştır.

Tablo 1. Standart indirgeme potansiyelleri (25°C) (Kılıç ve Köseoğlu, 1999)

İndirgeme Reaksiyonları	E° (V)
$Ag^*_{(s)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	0,80
$Cu^{+2}_{(s)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	0,34
$2H^*_{(s)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0
$Fe^{+2}_{(s)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	-0,44
$Zn^{+2}_{(s)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	-0,76
$Al^{+3}_{(s)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	-1,66

İyon değişimi, büyük hacimlerde düşük gümüş derişimine sahip yıkama sularının arıtımında kullanılan en yaygın yöntemdir. Buna karşın biyolojik büyüme, reçine kirlenmesi ve çözeltinin içerdiği tiyosülfat nedeniyle reçineden gümüşün ayrılması konusunda dezavantaja sahiptir. Anyonik bir kompleks olan gümüş tiyosülfat anyon değişim reçinesinde adsorplanır. Bir iyon değişim reçinesinin gümüş tiyosülfatı adsorpsiyon yeteneği hem gümüş hem de tiyosülfat gibi diğer tuzların derişimine bağlıdır. Gümüş derişimi tipik olarak 0,5-1 mg/lt aralığındadır ve son derece kontrollü koşullarda bu değer 0,1-0,2 mg/lt değerine kadar düşürülebilmektedir. Çözeltide bulunan organik maddelerin iyon değişim reçinesinde adsorblanması reçinenin değişim yeteneğini azalttığı için reçinenin belirli zaman aralıklarında rejenere edilmesi gerekir (Kodak, 1999).

Kimyasal çöktürme bugün yaygın olarak kullanılan en eski gümüş kazanma tekniklerinden biridir. Büyük hacimdeki derişik çözeltileri kısa sürede geri kazanma üstünlüğüne sahiptir ve geriye kalan atıktaki gümüş içeriği düşüktür. Katı - sıvı ayırma basamağı ve tekrar kullanılmasını önleyecek şekilde çözeltinin kirlenmesi çöktürme tekniklerinin olumsuz yönleridir. Ayrıca kimyasalların zehirli oluşu önemli bir sorundur. Tek başına kullanıldığında bu yöntemlerin gümüş için öngörülen 0,1 mg/lt olan gerekli boşaltım sınırını sağlaması da zordur. Çöktürücü olarak sodyum sülfid (Na_2S) vb. çeşitli kimyasallar kullanılır (Kodak, 1999).

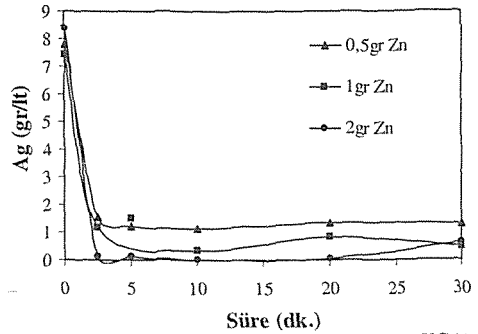
2 MALZEME ve YÖNTEM

Bu çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesi (KTÜ) ve Akçaabat Devlet Hastanesi'nden (AKCA) alınan X-Ray filmi atık banyo çözeltilerindeki gümüşü çöktürmek için daha aktif yani elektronegatifliği yüksek olan çinko, bakır ve alüminyum kullanıldı. Atık banyo çözeltilerinin ortalama Ag içeriği 3,7 gr/lt (KTÜ) ve 7,75 gr/lt (AKCA) olarak belirlendi. Alüminyum ve bakır

telleri zımparalanarak 1-2 mm boyutunda kesildi. Ayrıca deneyde kullanılan cam malzemeler nitrik asit (% 5'lik), alüminyum ise HCl (1 M) ve saf su ile yıkanarak kullanıldı. Deneylerde metal konsantrasyonunun gümüş kazanımına etkisi araştırıldı. Ayrıca Cl^- ve EDTA'nın etkileri de incelendi. Deneyler 100 ml atık çözelti ile 200 ml beher kullanılarak manyetik karıştırıcıda yapıldı. Çinko tozu ve bakır tel ile yapılan deneyler 30 dk. ve alüminyum tel ile yapılan deneyler 60 dk.'da gerçekleştirildi. Örnekler 0, 2,5, 5, 10, 20, 30, 40, 50 ve 60. dakikalarda alındı. Alınan örneklerden AAS ile Ag analizi yapıldı.

3 BULGULAR ve TARTIŞMA

AKCA atık çözeltisi ile 0,5, 1 ve 2 gr Zn tozu ile yapılan deneylerde en fazla gümüş 2 gr Zn tozu kullanılarak çöktürülmüştür (Şekil 1).



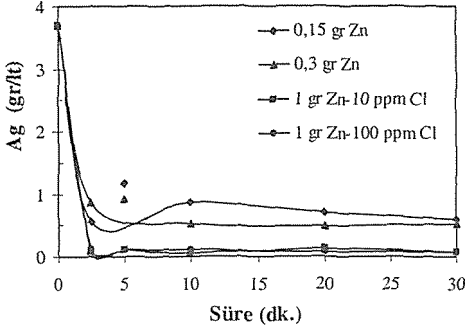
Şekil 1. Zn miktarının gümüş kazanımına etkisi (AKCA)

Metal miktarı arttırıldıkça Ag konsantrasyonundaki düşüş de artmıştır. Deney sonucundan da görüldüğü gibi 2,5 dakika gibi kısa sürede gümüşün büyük çoğunluğu çökmektedir (Şekil 1).

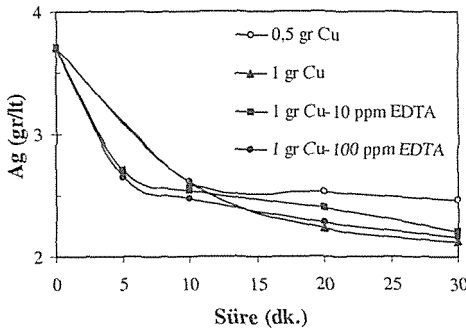
KTÜ X-Ray filmi atık banyo çözeltisi kullanılarak 0,15-0,3 gr Zn tozu ve 1 gr Zn tozu ile 10 ppm ve 100 ppm klor varlığında yapılan deneylerde çinko tozunun artması ve klorun da ilavesi ile 2,5 dk. sonunda hemen hemen bütün gümüş çöktürülmüştür (Şekil 2). 1 gr Zn tozu ile 10 ppm ve 100 ppm Cl^- ile yapılan deney sonuçları göz önüne alındığında klorun önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir (Şekil 2).

Bakır tel ile yapılan deneylerde önemli bir gümüş kazanımı gerçekleşmemiştir (Şekil 3). En fazla gümüş çöktürülmesi 1 gr bakırda elde edilmiştir. EDTA'nın önemli etkisinin olmadığı görülmüştür.

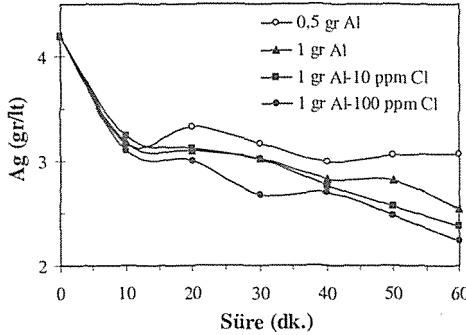
Alüminyum tel ile yapılan deneylerde en fazla düşüş ilk 10 dakikada gerçekleşmiş, 10. dakikadan sonra yavaş bir azalma gözlenmiştir. Klorun az da olsa olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. Zn miktarının gümüş kazanımına etkisi (KTÜ)



Şekil 3. Cu miktarının gümüş kazanımına etkisi (KTÜ)



Şekil 4. Al miktarının gümüş kazanımına etkisi (KTÜ)

4 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

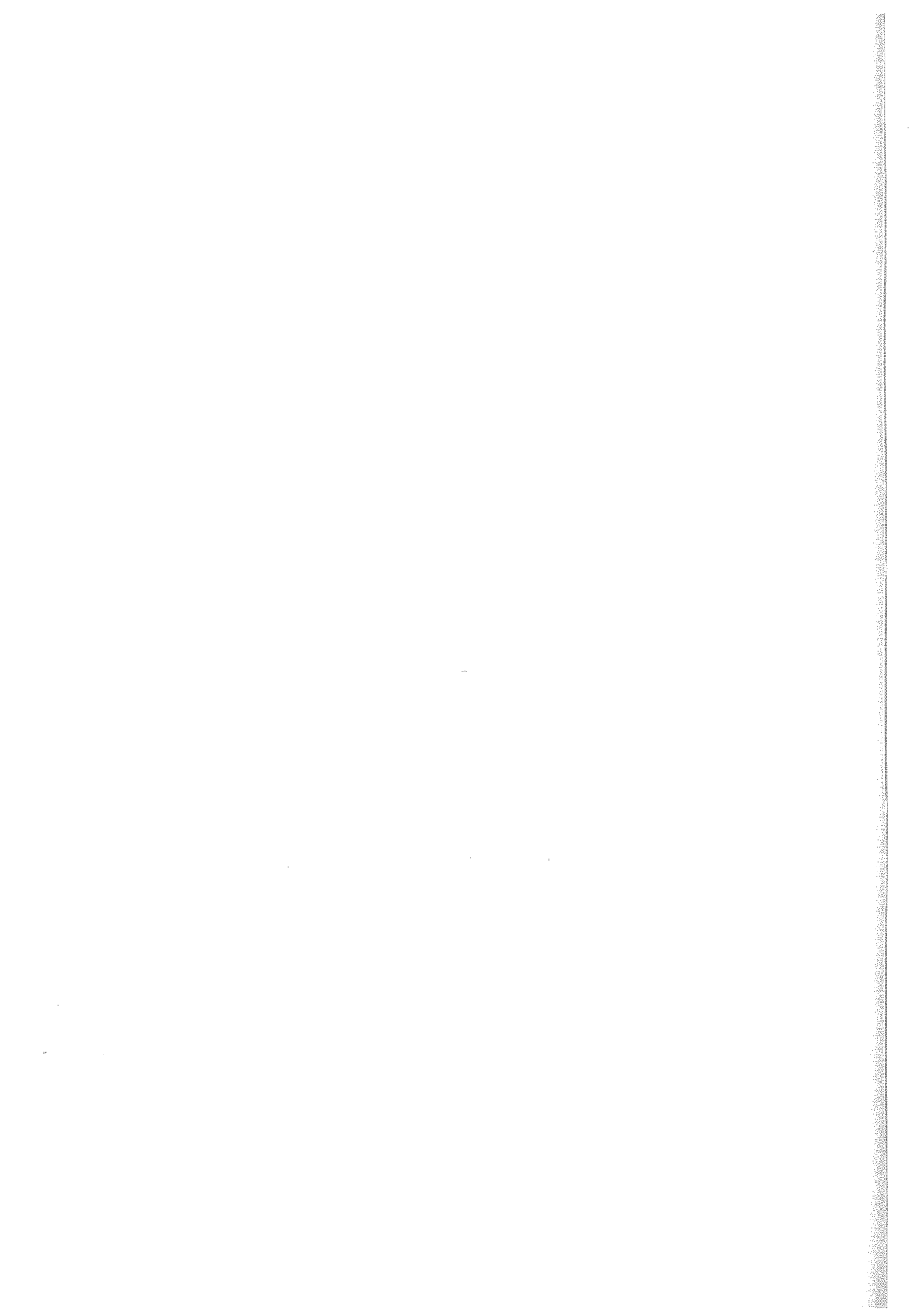
Çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- En yüksek verim AKCA X-Ray filmi atık banyo çözeltisi ile 2gr Zn tozunda %99,7'dir.

- KTÜ X-Ray filmi atık banyo çözeltisi ve 1 gr Zn tozu ile yapılan deneyde en yüksek %98,2, AKCA X-Ray filmi atık banyo çözeltisinde 1 gr Zn tozu ile yapılan deneyde ise en yüksek %95,3 verim elde edilmiştir. Verimin düşük olmasının sebebi ise AKCA X-Ray atık banyo çözeltisinin Ag içeriğinin yüksek olmasıdır.
- Bakır ve alüminyum ile yapılan deneylerde bakırda en yüksek verim % 42,8, alüminyum da ise % 53,1 olarak elde edilmiştir. Özellikle alüminyum için daha yüksek konsantrasyonda Cl ilave edilerek daha iyi sonuçlar alınabilir.
- Hastanelerden X-Ray filmleri ve atık banyo çözeltileri ile ilgili alınan verilere göre bir hesap yapıldığında: Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesinde günlük ortalama 100 adet X-Ray filmi çekilmekte ve haftada bir, banyo çözeltileri değiştirilmektedir. Banyo çözeltisinin Ag içeriği 3,7 gr/lt'dir ve her hafta 35 lt, yılda 1820 lt çözelti atığa gitmektedir. Yani yıllık 6734 gr Ag atık olarak atılmaktadır. Akçaabat Devlet Hastahanesinde günlük ortalama 150-200 adet X-Ray filmi çekilmekte ve üç haftada bir banyo çözeltileri değiştirilmektedir. Banyo çözeltisi Ag içeriği 7,75 gr/lt'dir ve üç haftada 20 lt, yılda 347 lt çözelti atığa gitmektedir. Yani yıllık 2686 gr Ag atık olarak atılmaktadır. X-Ray filmlerinde ise bu değer 100 adet film için yıllık 20 kg'dır. Türkiye çapında 668 adet hastane ve 272 adet verem savaş dispenseri olduğuna göre (Sağlık Bakanlığı verileri) ortaya çıkan atık miktarı hesaplanınca çok büyük rakamlar ortaya çıkacaktır. Söz konusu atık çözeltilerdeki gümüşün geri kazanılması hem ekonomik hem de çevresel yönden önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2006. *Photographic Information*.
- Bayram, E., 1997. Kütahya 100. Yılı Gümüş Madeni İşletmesi Cevher Hazırlama Tesisi Ve Atık Barajı, Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Gökgez, G., 1980. *Bütün Yönleri ile Fotoğrafçılık*, Odak Yayıncılık, 508 s., İstanbul.
- Gülden, G., 2005. Bitirme Çalışması, X-Ray Filmlerinden Ve X-Ray Filmli Banyo Atık Çözeltilerinden Gümüşün Kazanımı, Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Kılıç ve Köseoğlu, 1999. *Analitik Kimya*, Bilim Yayıncılık, Ankara.
- KODAK, 1999. The Technology of Silver Recovery for Photographic Processing Facilities, Kodak Environmental, J-212.



Ordu-Akoluk (Ordu) Cevherinden Gravite ile Altın ve Gümüş Kazanımı

O. Celep, İ. Alp, H. Deveci & Y. Çelik

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

M. Vıçıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

C. Duran

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Akoluk - Ordu cevherinin (20,23 gr/t Au; 220 gr/t Ag) mineralojik analizi ve Knelson Santrifüj Konsantratörle zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Mineralojik sonuçlara göre cevherdeki altının çoğunlukla kapanım halinde, pirit, fahlerz, antimonit, zinkenit gibi diğer sülfid mineralleriyle birlikte bulunduğunu göstermiştir. Akoluk cevherinin (% 80'i -75 µm) Knelson santrifüj gravite ile Au kazanım test sonuçlarına göre cevherdeki altının % 42,95'i 154,32 gr/t Au tenörüyle kazanılmıştır. Beslemenin % 94,76'sı 11,34 gr/t Au tenörüyle nihai atık olarak kalmıştır. Bu sonuçlara göre Akoluk cevherinden altının mineralojik yapıdan dolayı Knelson santrifüj seperatörüyle verimli bir şekilde kazanılamayacağı söylenebilmektedir.

ABSTRACT: In this study, the amenability of Akoluk - Ordu ore (20,23 g/t Au; 220 gr/t Ag) to gravity separation using a Knelson Centrifugal Separator and mineralogy analysis was investigated. The mineralogical analysis of the ore has shown that gold occurs as particles of 1-88 µm µm in size and related to quartz, fahlerz, antimonite, zinkenite and sulphite minerals. Recovery tests on the ground ore (-75 µm) using a Knelson Concentrator have demonstrated that 42,95 % of the gold present in the ore was recovered into the concentrate assaying 154,32 g/t Au and approximately 94.76 % of the feed was produced as final tails, which contained 11,34 g/t Au. These findings have shown that Akoluk ore is not amenable to gravity separation using Knelson centrifugal concentrator.

1 GİRİŞ

Altın ve gümüş cevherleri gravite, amalgamasyon, flotasyon, hidrometalurjik ve pirometalurjik işlemlerle zenginleştirilmektedir. Düşük tenörlü cevherler yada konsantrasyon altın ve gümüş kazanımı çoğunlukla siyanür liçiyile yapılmaktadır (La Brooy vd., 1994; Alp vd., 2003).

Gravite ayırmanın etkinliği tane boyutunun azalmasıyla azalırken, yeni geliştirilen santrifüjli ayırıcılar ile ince taneli cevherler etkin bir şekilde zenginleştirilebilmektedir (Xiao, 1998; Huang, 1996; Knelson ve Jones, 1993; Ling, 1994; Ren vd., 1994; Laplante vd., 1995). Pratikte 40 µm,- 1-2 mm arasındaki taneler iri tanelerdir. Altın taneleri için tercih edilen cevherin serbestleşmiş olması gerekir ve daha çok plaser yataklardan altın kazanımı gravite yöntemleriyle yapılmaktadır.

Gravite zenginleştirmede altın taneleri tercihen serbest ve iri olmalıdır. Serbestleşen altının öğütme devrelerinde devreden yükten alınmasında yarar vardır. GRG (gravity gold recovery / gravite ile kazanabilen altın) optimum gravite ayırma

şartlarında gravimetrik yöntemlerle kazanabilen serbestleşmiş altın miktarıdır. GRG' nin çoğu 10-100 mikron boyutlarındaki serbestleşmiş yada gang minerallerinden tam serbestleşmemiş altını içermektedir (Zhang, 1998). Laboratuvar Knelson Konsantratörü 5-70 kg örnek bir numune (-850 mikron) içerisindeki tahmini GRG altını belirlemede etkilidir (Ling, 1998).

Knelson ve Falcon gibi santrifüjli seperatörler yeni teknolojiler olarak gravite ayırıcılar arasında yerlerini almışlardır. Bunlar < 30 µm boyutunda çok ince tanelerin zenginleştirilmesinde etkindirler (Xiao, 1998; Huang, 1996; Knelson ve Jones, 1993; Ling, 1994; Ren vd., 1994; Laplante vd., 1995).

Standart Knelson Konsantratörü 1980'li yıllarda Byron Knelson tarafından geliştirilmiş 6mm yada daha az üst besleme boyutuyla çalışan santrifüj makinedir. Dönme işlemini geçekleştiren üniteyle birlikte, yüksek hızda dönen bir yataktan oluşur. Üstten beslenen pulp, konsantratörün dip kısmına giderken, santrifüj kuvvetinin etkisiyle ağır taneler konsantrasyon olarak yatağın oluklarına takılır. Gang mineralleri ise atık olarak pulpun üst akışıyla

Tablo 2. Cevher numunesinin kimyasal analizi

Bileşik	İçerik (%)	Element	İçerik (gr/ton)
SiO ₂	52.15	Au	15
Al ₂ O ₃	4.71	Ag	220
Ba	17.10	As	261.8
Fe ₂ O ₃	1.28	Cu	472.7
CaO	0.14	Zn	>10000
MgO	0.07	Pb	4283.9
Na ₂ O	0.04	Hg	>100
K ₂ O	0.38	Sr	3087.9
TiO ₂	0.8	Sb	>2000
P ₂ O ₅	0.01	Ni	6
MnO	0.01	Zr	40.7
Cr ₂ O ₃	0.001	Cd	62.7
Top. S	6.89	Ga	8.5
Top. C	0.05	Mo	12.6
LOI	4.6		

2.2 Metot

Mineralojik araştırmalar için seçilen parçalarından ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler optik mikroskop ve cevher mikroskobu ile detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 mikroskop altında gerçekleştirilmiştir.

% 80'i -75 µm olacak şekilde çubuklu değirmende öğütülmüş olan Akoluk cevheri ile gravite zenginleştirme testleri laboratuvar tip Knelson Konsantrator ile gerçekleştirilmiştir. Deney parametreleri Tablo 3'de verilmektedir. Elek fraksiyonlarına göre numunenin kümülatif elek altı tablosu ve altın-gümüş tenör içerikleri Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmektedir.

Tablo 3. Knelson Konsantrator deney parametreleri

Besleme miktarı, gr/dk	1200
Su beslemesi, l/dk	4
Motor dönüş hızı, dev/dk	1425

Tablo 4. Akoluk cevherin kümülatif elek altı miktarına bağlı Au tenör değişim tablosu

Boyut (µm)	Miktar (%)	Au (gr/t)	Au (%)	Küm. Elek Altı (%)
+75	5,30	21,08	6,02	93,98
+53	14,44	20,38	15,83	78,15
+38	11,86	21,08	13,45	64,7
-38	68,4	17,58	64,7	0
Toplam	100	18,58	100,0	

Tablo 4. Akoluk cevherin kümülatif elek altı miktarına bağlı Ag tenör değişim tablosu

Boyut (µm)	Miktar (%)	Ag (gr/t)	Ag (%)	Küm. Elek Altı (%)
+75	5,30	118,57	4,62	95,38
+53	14,44	139,72	14,81	80,58
+38	11,86	154,84	13,48	67,10
-38	68,40	133,70	67,10	0
Besleme	100	136,27	100	

3 SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1 Cevher Mineralojisi

Kimyasal ve mineralojik analiz cevherin çoğunlukla kuvars (% 52.2 SiO₂) ve baritten (% 17.1 Ba), ayrıca daha az miktarlarda pirit, antimonit, sfalerit, fahlerz ve zinkenit gibi sülfür minerallerinden oluştuğunu göstermektedir (Tablo 2 ve Şekil 3). Cevherde altın nabit olarak kuvars ve sülfür mineralleriyle ilişkili 1-88 µm boyutlarında ve piritin içerisinde kapanım halde bulunmaktadır (Şekil 3a-f). Cevherin gümüş içeriğinin yüksek olmasına rağmen (220 gr/ton) mikroskopta hiç gümüş minerali görülmemiştir. Fakat gümüşün fahlerz, antimonit yada zinkenit içerisinde kapanım olarak bulunduğu düşünülmektedir.

3.2 Knelson Gravite Deney Sonuçları

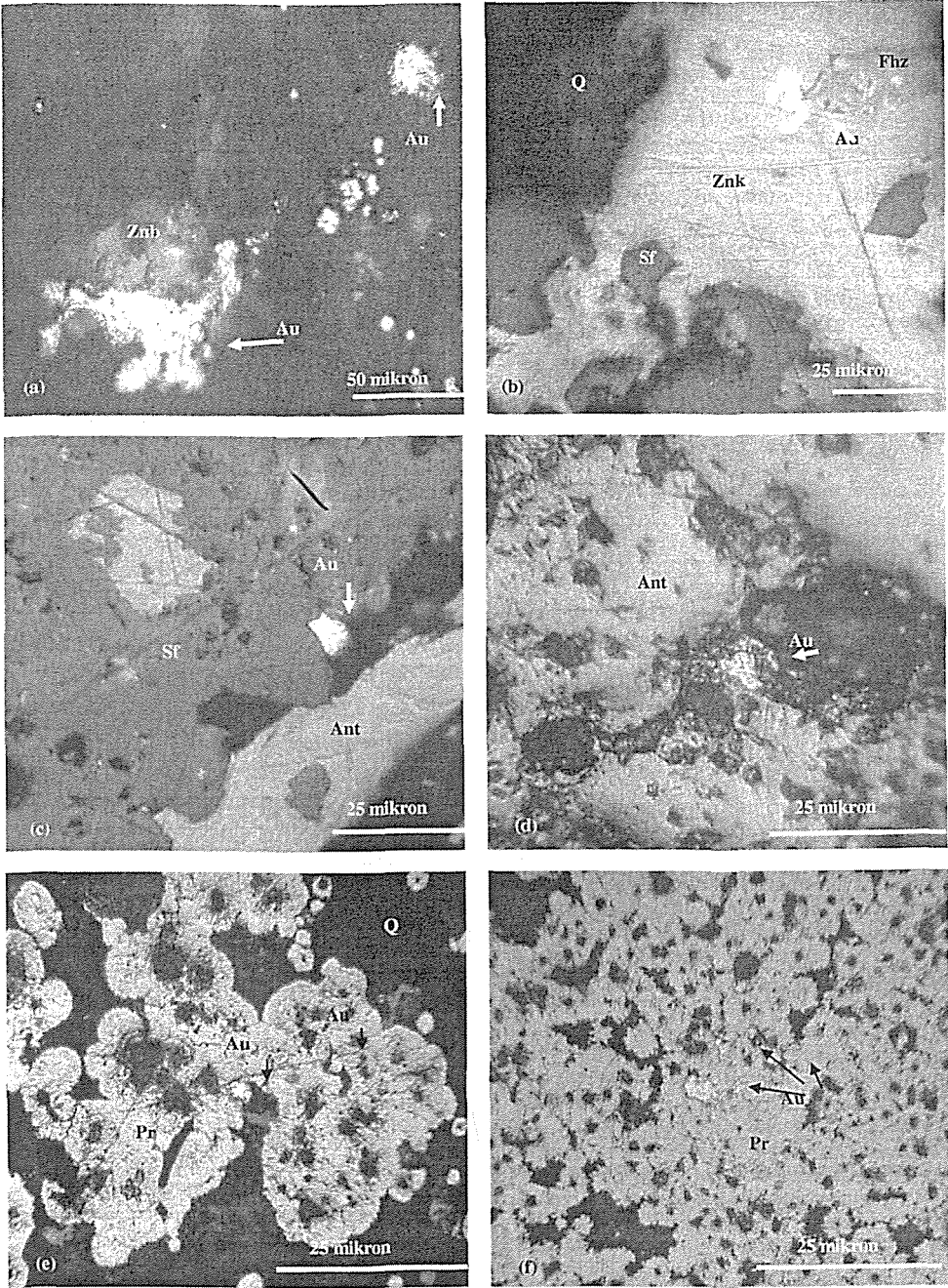
Akoluk cevherinin Knelson santrifüj gravite ile Au kazanım test sonuçları Tablo 5 ve Şekil 5'de görülmektedir. Cevherdeki altının % 42,95'i 154,32 gr/t Au tenörüyle kazanılmıştır. Beslemenin % 94,76' i 11,34 gr/t Au tenörüyle nihai atık olarak kalmıştır. Gümüş kazanımının düşük olmasının nedeni sülfür mineralleriyle birlikte kapanım şeklinde bulunmasından dolayı olmaktadır (Tablo 5, Şekil 4).

Tablo 5. Knelson gravite Au zenginleştirme sonuçları

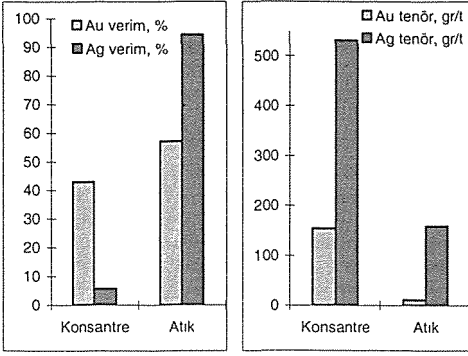
ÜRÜN	Miktar (gr)	Miktar (%)	Au (gr/t)	Au (mg)	Au (%)
Kons.	63,8	5,24	154,32	9,84	42,95
Atık	1153	94,76	11,34	13,07	57,05
Besleme	1216,8	100,00	18,83	22,92	100,00

Tablo 6. Knelson gravite Ag zenginleştirme sonuçları

ÜRÜN	Miktar (gr)	Miktar (%)	Ag (gr/t)	Ag (mg)	Ag (%)
Kons.	63,79	5,24	531,64	10,98	5,65
Atık	1153,00	94,76	158,93	183,24	94,35
Besleme	1216,79	100	159,62	194,22	100



Şekil 3. Cevherde altın taneciklerinin bulunuşu ve diğer minerallerle ilişkisi (a) Kuvars içerisinde zinober ile birlikte Au tanecikleri; (b) Kuvars içerisinde fahlerz ve zinkit ile birlikte Au tanesi; (c,d) Antimonit ve sfalerit ile birlikte Au tanesi (e,f) Pirit içerisinde Au tanecikleri (Au: Altın; Pr: Pirit; Sf: Sfalerit; Q: Kuvars; Znb: Zinober; Znk: Zinkit; Fhz: Fahlerz; Ant: Antimonit).



Şekil 4. Knelson gravite testlerinin Au-Ag verim-tenör değişim grafiği.

5 SONUÇLAR

Akoluk cevherinin mineralojik analiz sonuçları altının çoğunlukla kapanım halinde, pirit, fahlerz, antimonit, zinkenit gibi diğer sülfid mineralleriyle birlikte bulunduğunu göstermiştir.

Akoluk cevherinin Knelson santrifüj gravite ile Au kazanım test sonuçlarına göre cevherdeki altının % 42,95'i 154,32 gr/t Au tenörüyle kazanılmıştır. Beslemenin % 94,76' i 11,34 gr/t Au tenörüyle nihai atık olarak kalmıştır.

Bu sonuçlara göre Akoluk cevherinden altının mineralojik yapıdan dolayı refrakter karakterli olması nedeniyle Knelson santrifüj seperatörüyle verimli bir şekilde kazanılmayacağı söylenebilmektedir.

6 BİLGİLENDİRME

Yazarlar numunelerin sağlanmasında gösterdiği yardımlarından ve özverisinden dolayı Yüksek Mühendis Hüseyin YILMAZ' a ve MTA'a teşekkürlerini borç bilir.

KAYNAKLAR

- Alp, İ., Celep, O., Deveci, H. ve YAZICI, E., Processing of Gold From Mastra (Gümüşhane-Turkey) Ore by Knelson Gravity Concentrator, SGEM 2004, Haziran, 2004, Bulgaristan, Bildiriler Kitabı, 259-266.
- Alp, İ., Celep, O., Deveci, H. ve Yılmaz, T., Evaluation of Refractory Behaviour Of Kaletaş (Turkey) Gold Ore, Türkiye 19. Madencilik Kongresi / IMCET - 2005, Haziran, 2005, İzmir, Bildiriler Kitabı, 245-251.

- Alp, İ., Celep, O., Tüysüz, N., Vıçıl, M. ve Lermi, A., Mineralojik Yapının Cevher Zenginleştirme İşlemine Etkisi: Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Altın Cevherleri Üzerine Örnek Çalışma, 18.Uluslararası Madencilik Kongresi, Haziran 2003, Antalya, Bildiriler Kitabı, 147-153.
- Alp, İ., Vıçıl, M. ve Celep, O., Gümüşhane-Mescitli-Mastra Altın Cevherinin Türkiye ve Dünya Altın Madenciliğindeki Yerinin Değerlendirilmesi, Gümüşhane ve Yöresi Kalkındırma Sempozyumu, Ekim 2002, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı Cilt I, 365-376
- Aslaner, G. ve Ottemann, J., 1971; Native Gold Appearance occurred in Toktamış Zinkenite veins, MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration), Ankara, yayınlanmamış.
- Celep, O., Alp İ., Deveci H., Yılmaz T., 2005. Knelson Santrifüj Ayırıcısı ile Mastra Altın Cevherinin Zenginleştirilmesi. Diñçer H., Kırkoğlu S., Kural O. ve Önal G. (Edit.), Uluslararası Değerli Taşlar ve Metaller Semp. Bildiri Kitabı 29-30 Nisan, İstanbul, s.105-113.
- Celep, O., 2005; Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Cevherlerinden Altın Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Bölümü, Trabzon, Temmuz 2005, 120 sayfa.
- Huang, L., Upgrading of Gold Gravity Concentrates: A Study of the Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, 1996.
- Knelson, B. ve Jones, R., A New Generation of Knelson Concentrators a Totally Secure System Goes on Line, Mineral Engineering, 7 (1993) 201-207.
- La Brooy, S.R., Linge, H.G. ve Walker, G.S., Review of Gold Extraction from Ores, Mineral Engineering, 7.10 (1994) 1213-1241.
- Laplante, A.R., Woodcock, F. ve Noaparast, M., Predicting Gravity Separation Gold Recoveries, Minerals and Metallurgical Processing, 5 (1995) 74-79.
- Ling, J., A study of a variable speed 3-in Knelson Concentrator, Doktora Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, 1998.
- Ling, P., A Kinetic Study of Gold Ore by Cyanidation, Yüksek Lisans Tezi, University of Toronto, 1994.
- M.T.A., Türkiye Altın Gümüş Envanteri, M.T.A. Yayınları, No: 198, Ankara, 1993.
- Ren, X., Li, Q., Zhang, Y. ve Liu, D., A New Centrifugal Separator for Recovering Minerals from Fine and Ultrafine Sizes, Innovations in Minerals Processing, Sudbury, (1994) 349-355.
- Xiao, J., Testing a New Gold Centrifugal Concentrator, Yüksek Lisans Tezi, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, Montreal, Kanada, 1998.
- Yaylayı, G., 2000; Geology, geochemistry and hydrothermal alteration of Akoluk (Ulubey - Ordu) epithermal gold mineralization, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 150 sayfa.



İkincil Bakır Sülfidlerin (CuS-Cu₂S) Flotasyon ile Zenginleştirilmesi

T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci & O. Celep
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

C. Duran
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

M. Vıçıl
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Trabzon-Kayabaşı Maden yatağı masif cevherin mineralojik oluşum özellikleri ve flotasyon ile değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Yapılan mineralojik incelemeler sonucunda cevherin; kovellin, kalkozin, enarjit, bornit, kalkopirit ve galenden oluştuğu belirlenmiştir. Bakır yüklü mineraller pirit ve sfalerit ile birlikte kapanımlar halinde bulunmaktadır. Flotasyon testlerinde, parça boyutu, reaktif konsantrasyonu (kollektör, bastırıcı) ve karıştırma hızı incelenmiştir. Flotasyon test sonuçlarına göre flotasyon yöntemiyle sfalerit ve piritten Cu minerallerinin ayrılma etkinliğinin düşük olduğu görülmüştür. Flotasyon şartlarının değiştirilmesi örneğin; %99'unun 38 µm'nin altına geçtiği tane boyutuna indirme veya toplayıcı ve bastırıcı konsantrasyonlarının artırılması ile de bakır kazanımı üzerine istenen etki sağlanamamıştır. Bunun sebeplerini i) mineral fazlarının yetersiz serbestleşmesinin, üretilen bakır konsantrasyonunun mineralojik incelenmesi ile ortaya çıkması ii) flotasyon periyodunda ve şartlandırma esnasında serbest bulunan Cu iyonları ile sfaleritin canlanması olarak sıralayabiliriz.

ABSTRACT: In this study, mineralogical characteristics and flotation concentration of Trabzon-Kayabaşı Massive Sulphide ore were investigated. Mineralogical analysis of the ore samples showed that the ore contains covellin, chalcocite, enargite, bornite, chalcopyrite and galena. Copper bearing minerals were found to occur as closely associated with pyrite and sphalerite. The effects of particle size, speed of stirring, reagent concentration (collector, depressant) were investigated at floatation tests. The results have shown that the ore responded poorly to concentration by flotation with low efficiency of separation of copper minerals from sphalerite and pyrite. Changing the flotation conditions i.e. decreasing particle size to >99% passing 38 µm or increasing the concentration of collector and depressant did not produce the desired effect on the separation and recovery of copper. This could be attributed mainly due to i) the incomplete liberation of the mineral phases present as the mineralogical examination of the copper concentrate produced revealed and ii) probably the inadvertent activation of sphalerite by copper ions released during the conditioning and flotation period.

1 GİRİŞ

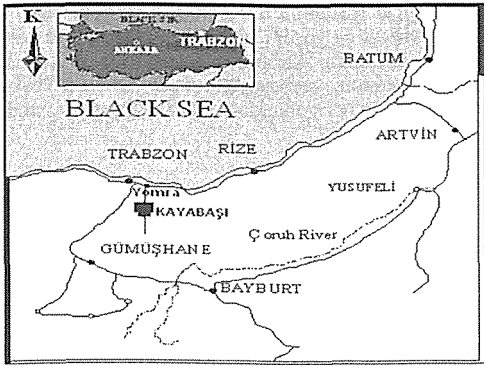
Masif sülfid bakır cevherlerinde, kalkopirit birincil bakır cevheri olmasına rağmen kalkozin, bornit, kovellin, tetrahedrit, enarjit, malakit, azurit gibi diğer bakır sülfid ve oksit mineralleri de ikincil cevher fazı olarak bulunabilir. Köpük flotasyonu ergitme işlemleri öncesi bakır cevherlerinin zenginleştirilmesi için kullanılan en yaygın tekniktir. Cevherde bulunan pirit, sfalerit ve galen gibi sülfidlerden bakır yüklü minerallerin ayrılma etkinliği ve yüzdürülebilirliği, serbestleşme derecesi, bakır minerallerinin flotasyon davranışı, onların yüzey özellikleri, redoks şartları ve flotasyon pulpünde çözünmeyen türler gibi çevresel faktörlere bağlıdır (Abramov ve Forssberg, 2005; Aslan, 2002; Ekmekçi ve Hassoy, 2000; Woods, 2003). Ekmekçi

ve Hassoy (2000), zayıf pH kontrolü ve kalkopiritin yüzey oksidasyonu, redoks şartları uygun olmadığından dolayı muhtemelen kakopiritin yüzdürülebilirliğini ve piritin bastırılmasını olumsuz etkilediğini açıklamışlardır. Tüm sülfid mineralleri optimal pulp potansiyeline sahip oldukları zaman başarılı bir şekilde yüzdürülebilirler (Woods, 2003; Ekmekçi ve Demirel, 1996). Ön havalandırma yoluyla bakır sülfidler üzerinde demir sülfidlerin tercihli oksidasyonu sağlanabilir. Bu yolla mineral yüzeyindeki ferrik hidroksit tabakası pasifleştiğinden dolayı demir sülfidler bastırılabilir (Abramov ve Forssberg, 2005). Sülfidlerin flotasyonu esnasında, pulp içindeki serbest metal iyonları, mineral fazları üzerinde bastırılma ve istenmeyen canlanmayı sağlayan sistemin elektrokimyasal şartları ile idare edilir (Abramov ve Forssberg 2005; Ekmekçi ve

Hassoy, 2000; Dichmann ve Finch, 2000). $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ve Na_2SO_3 gibi indirgeyici reaktiflerin kullanımı, demir sülfidlerin flotasyonunda bastırılma etkisini ve kalkozin, kovellin ve kalkopirit üzerinde canlandırma etkisini güçlendirebilir (Abramov ve Forssberg, 2005).

Parça boyutu minerallerin serbestleşme derecesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Cevherde bulunan kıymetli minerallerin selektif serbestleşme tane irilikleri 30 mikrondan fazla ise selektif metal konsantreleri olarak kazanılırlar. Kıymetli metal sülfür minerallerinin serbestlik tane iriliği 30 mikrondan küçük ise, kolektif serbestlik derecesine öğütülmüş cevherden flotasyonla toplu konsantr (kolektif konsantr) üretilir (Çilingir, 1990).

Trabzon-Kayabaşı cevher yatağı Karadeniz bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada, Trabzon-Kayabaşı Maden yatağı masif cevherin mineralojik oluşum özellikleri ve flotasyon ile değerlendirilebilirliği araştırılmıştır.



Şekil 1. Kayabaşı bakır cevher yatağının yeri.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Materyal

Masif sülfid cevherler, Trabzon-Kayabaşı cevher yatağından alınmıştır. Flotasyon çalışmaları için örnekler hazırlanmıştır. Deneylerde öğütme, laboratuvar tipi çubuklu değirmen ile yapılmıştır. Çubuklu değirmenin şarj oranı %45 olarak alınmıştır ve öğütme, kritik hızın %73'üne karşılık gelen 75 dev/dak. hız kullanılarak 1000 gr cevher ile yapılmıştır.

Parlak kesitler ve öğütülmüş örnekler mineralojik analizlerde kullanılmıştır. Masif cevherin kimyasal analizi (Tablo 1) standart yaş kimyasal analiz metodu ve AAS (Atomik Adsorbsiyon Spektrometre) ile belirlenmiştir.

Tablo 1'deki sonuçlara göre; As miktarı, cevher içerisinde %0,9 civarındadır. Ag miktarının da 117 ppm gibi yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Cevherin Kimyasal Analizi

Element	%	Element	g/ton	Bileşik	%
Cu	12,5	Au	2,7	SiO_2	10,5
Pb	0,7	Cd	199,8	Al_2O_3	1,77
Zn	4,9	Ni	27,1	MgO	0,17
Fe	29,9	Ag	117,7	Fe_2O_3	33,3
As	0,9	Hg	26,4	MnO	0,04
S	32,6	Ni	27,1	Cr_2O_3	0,008
Ba	4,8	Sn	4	Na_2O	0,12
Sb	0,02	Co	17,8	LOI	24,3

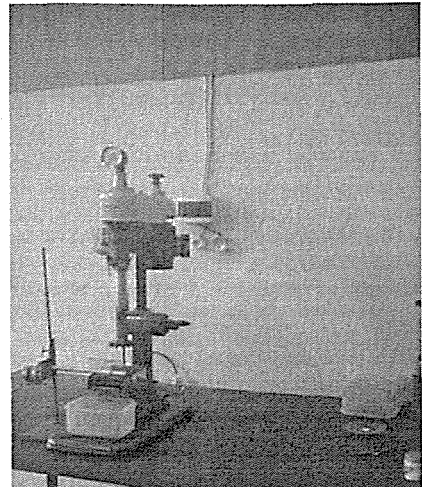
2.2 Metot

Flotasyon deneyleri Denver flotasyon makinesinde 2 litre hacimli hücreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

Belli sürelerde öğütülen cevher uygun reaktifler kullanılarak bakır konsantrisi elde etmek için flotasyona tabi tutulmuştur.

Flotasyon deneylerinde; bastırıcı ve pH ayarlayıcı olarak, çinko sülfat ZnSO_4 , sodyum silikat Na_2SiO_3 ve kireç Ca(OH)_2 , canlandırıcı olarak, bakır sülfat CuSO_4 , kolektör olarak Aerofoin 3418 ve Sodyum izopropil ksantat SIPX, köpürtücü olarak da MIBC (Metil izobütül karbinol) kullanılmıştır. Yapılan öğütme ve flotasyon deneylerinde öğütme süresi değişken parametre olarak alınmıştır (Tablo 2).

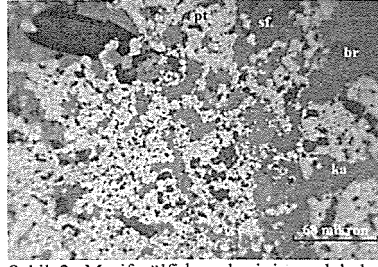
Flotasyon testleri 1250 dev/dak. karıştırma hızında, %36 pulp yoğunluğunda ve pH 11,5'da gerçekleştirilmiştir. Şartlandırma zamanı kolektör için 10 dak., köpürtücü için 1 dak. ve bastırıcılar için 20 dak. olarak alınmıştır. Flotasyon testleri esnasında ayrıca pH ölçülmüştür.



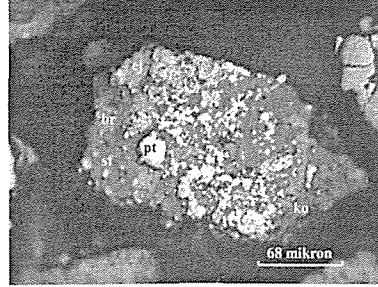
Şekil 2. Denver marka flotasyon makinası görünümü

Tablo 2. Flotasyon Deneş Parametreleri

SABİT PARAMETRELER	KOŞULLAR
Değirnen Hızı	75 devir/dak.
Su miktarı	640 ml
Pulpa katı oranı	%60
Numune miktarı	~1000 gr
Flotasyon	Cu
Flotasyon hızı	1250 devir/dak.
Pulpa katı oranı	%36
PH (kireç) / şartlandırma süresi	11,5/10 dak.
Bastırıcı (ZnSO ₄) miktarı	200 gr/ton
Bastırıcı şartlandırma süresi	20 dak.
Bastırıcı (Na ₂ SO ₃) miktarı	200 gr/ton
Bastırıcı şartlandırma süresi	20 dak.
Bastırıcı (Na ₂ SiO ₃) miktarı	200 gr/ton
Bastırıcı şartlandırma süresi	20 dak.
Toplayıcı miktarı	35,6 gr/ton
Toplayıcı şartlandırma süresi	10 dak.
Köpürtücü (MIBC)miktarı	20 gr/ton
Köpük alma süresi	6 dak.
DEĞİŞKEN PARAMETRELER	KOŞULLAR
Öğütme Süresi	(8-12-16) dak.
Bastırıcı (ZnSO ₄) miktarı	(50-200-500) gr/ton
Bastırıcı (Na ₂ SO ₃) miktarı	(50-200-500) gr/ton
Toplayıcı (A 3418) miktarı	(17,8-35,6-76,2) gr/ton
Karışırma hızı	(1250-1325-1400)dev/dak.



Şekil 3. Masif sülfid cevherinin parlak kesit incelemesi (Sf: sfalerit, Pt: pirit, Ka: kalkozin, Br: bornit) (25x16).



Şekil 4. Masif sülfid cevherinin parlak kesit incelemesi (Sf: sfalerit, Pt: pirit, Ko: kovellin, Br: bornit, Ej: Enarjit) (25x16).

3 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Cevherin mineralojik özellikleri

Cevherin mineralojik analizlerinde, sülfürlü bakır mineralleri olarak; kovellin (CuS), kalkozin (Cu₂S), dijenit (Cu₉S₅), enarjit (Cu₃(As,Sb)S₄), bornit (Cu₅FeS₄) ve kalkopirit (CuFeS₂), sülfürlü diğer metal mineralleri olarak; sfalerit, pirit ve galen, gang mineralleri olarak da kuvars ve silikat belirlenmiştir.

Bakır mineralleri daha çok sfalerit ve piritle kenetli olarak bulunmaktadır (Şekil 3-4). Bu durum gerek serbestleŐmeyi gerekse seçimli flotasyonu zorlaŐtıracak etkenler arasında görülmektedir. Örnek içinde bulunan Cu minerallerinin birbirine göre bulunma oranı Tablo 3'de verilmiştir.

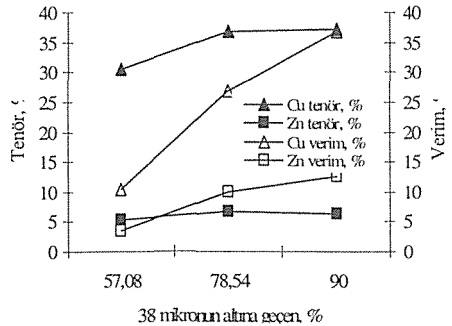
Tablo 3. Örnek içinde bulunan Cu minerallerinin birbirine göre bulunma oranı

Mineral	Miktar (%)
Kalkozin	40
Dijenit	20
Bornit	20
Kovellin	10
Enarjit	6
Kalkopirit	4
Toplam	100

3.2 Cevherin Flotasyonu

3.2.1 Tane boyunun etkisi

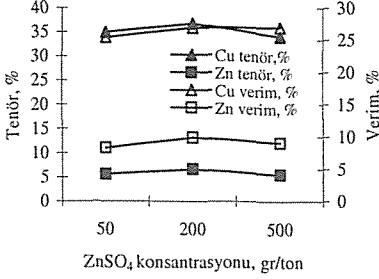
Şekil 5'de bakır tenör ve kazanımı üzerine tane boyunun etkisi gösterilmektedir. Őekilden de görüldüğü gibi tane boyunun azalmasıyla bakır tenör ve verimi artmaktadır. %90'nın 38 µm'nin altına geçtiğı tane boyutunda bakır kazanımı %37 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Tane boyunun Cu verim ve tenörü üzerine etkisi (Şartlar: ZnSO₄, Na₂SO₃ ve Na₂SiO₃: 200 g/ton; Aerofin 3418: 35 g/ton; MIBC: 20 g/ton).

3.2.2 ZnSO₄ konsantrasyonunun etkisi

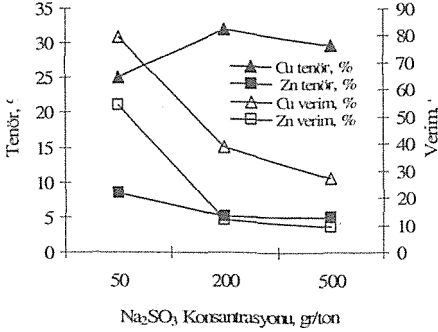
ZnSO₄ miktarının (50-500g/ton) etkisi incelendiğinde, bastırıcı miktarının artmasının Cu tenör ve verim değerlerinde çok az bir etkisinin olduğu Şekil 6'da görülmektedir. Bu durumun, sfaleritten bakır yüklü minerallerin yetersiz serbestleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6. ZnSO₄ konsantrasyonunun Cu verim ve tenörü üzerine etkisi (Şartlar: Na₂SO₃ ve Na₂SiO₃: 200 g/ton; Aeroфин 3418: 35 g/ton; MIBC: 20 g/ton; D₈₀= 38 µm).

3.2.3 Na₂SO₃ konsantrasyonunun etkisi

Abramov ve Forssberg (2005), Na₂S₂O₄ ve Na₂SO₃ gibi bastırıcı reaktiflerin ilavesinin bakır flotasyonu esnasında bastırılmış demir sülfidleri ve kalkozin, kovellin ve kakopirit gibi bakır sülfidleri canlandırabileceğini belirlemiştir.



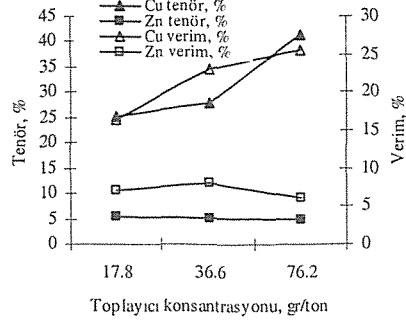
Şekil 7. Na₂SO₃ konsantrasyonunun Cu verim ve tenörü üzerine etkisi (Şartlar: ZnSO₄ ve Na₂SiO₃: 200 g/ton; Aeroфин 3418: 35 g/ton; MIBC: 20 g/ton; D₈₀= 38 µm).

50-500 g/ton Na₂SO₃'ün bakır tenörü ve verimi üzerine etkisi Şekil 7'de görüldüğü gibi incelenmiştir. Na₂SO₃'ün, mineral fazlarında yeterli serbestleşme olmamasından dolayı istenen

seçimliliğin olmamasına rağmen bakır flotasyonunda iyileşmeler sağladığı gözlenmiştir (50 g/ton konsantrasyonda %79,2 Cu kazanımı).

3.2.4 Toplayıcının konsantrasyonunun etkisi

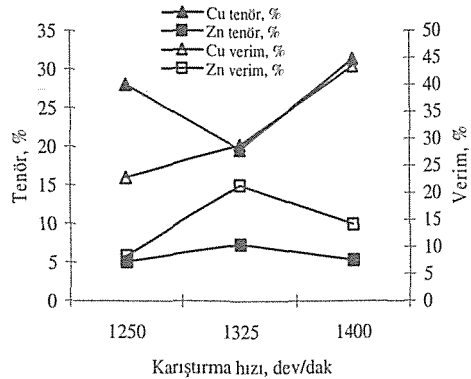
Toplayıcı (Aeroфин3418) miktarının etkisi incelendiğinde, toplayıcı miktarının artmasıyla Cu tenör ve verim değerleri artmaktadır (Şekil 8). Yine de nihai bakır kazanımları %42 ile sınırlıdır. Cu verimlerinin düşük olmasının sebebi toplayıcı miktarının yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 8. Toplayıcının konsantrasyonunun Cu verim ve tenörü üzerine etkisi (Şartlar: Na₂SO₃, ZnSO₄ ve Na₂SiO₃: 200 g/ton; MIBC: 20 g/ton; D₈₀= 38 µm).

3.2.5 Karıştırma hızının etkisi

Şekil 9'da 1250-1400 dev/dak. aralığındaki karıştırma hızlarının bakır flotasyonuna etkisi gösterilmektedir. Karıştırma hızının artmasıyla Cu kazanımı ve seçimliliği özellikle 1325 dev/dak. üzerinde artmaktadır.



Şekil 9. Karıştırma hızının Cu verim ve tenörü üzerine etkisi (Şartlar: Na₂SO₃, ZnSO₄ ve Na₂SiO₃: 200 g/ton; MIBC: 20 g/ton; Aeroфин 3418: 35 g/ton; D₈₀= 38 µm).

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, flotasyon testleri öğütülmüş cevher kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Parça boyutu, reaktif konsantrasyonu (kollektör ve bastırıcı) ve karıştırma hızının Kayabaşı Masif Sülfid Cu cevheri kazanımı üzerine etkisi çalışılmıştır. Cevher içerisinde bulunan Cu ve Zn minerallerinin yeterince serbestleştirilememesi ve Zn mineralinin canlanma etkisinden dolayı selektif flotasyon ile olumlu sonuçlar elde edilemediği görülmüştür. Mineralojik inceleme sonucunda bulunan serbestleşme derecesinin yeterli olmaması bir etken olarak görülmektedir. Cevher minerallerinin çok ince boyutlarda saçınımlar halinde birbiri içinde bulunması flotasyon başarısını zorlaştıran faktörlerdendir.

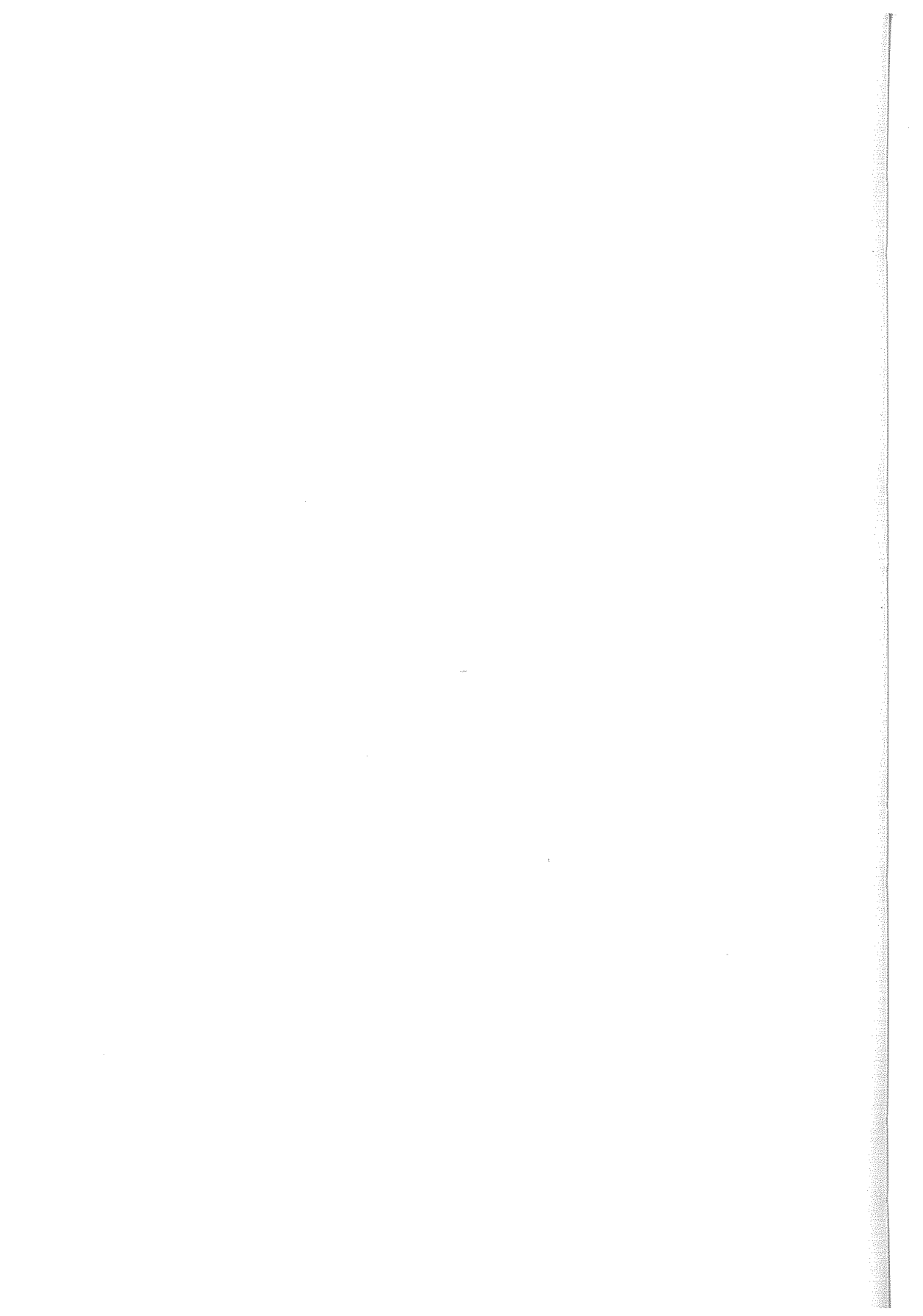
Flotasyon test sonuçlarına göre flotasyon yöntemiyle sfalerit ve piritten Cu minerallerinin ayrılma etkinliğinin düşük olduğu görülmüştür.

Flotasyon reaktiflerinin konsantrasyonu değiştirilerek bakır kazanımında istenilen etki sağlanamamıştır ve verim <%42 değerlerinde kalmıştır. Fakat istisnai olarak 50 g/ton Na₂SO₃ kullanımında en yüksek (%79) bakır kazanımı sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Abramov, A.A., Forssberg, K.S.E., 2005, Chemistry And Optimal Conditions for Copper Minerals Flotation: Theory and Practice, *Mineral Processing & Extractive Metall. Rev.*, 26, 77-143.

- Alp İ., Yılmaz T., Yazıcı E., Celep O., 2003, Determination of the Degree of Liberation and Optimum Grind Time of Kayabaşı-Trabzon (Turkey) Cu-Pb-Zn Massive Ore, 3rd International Conference "Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection"-SGEM, pp. 39-44., Bulgaria.
- Aslan A., 2002, Kompleks Sülfürlü Cevherlerde Minerallerin Flotasyon Davranışına Elektrokimyasal Parametrelerin Etkileri, Hacettepe University, Doktora Tezi, Ankara, Turkey.
- Çilingir, Y., 1990, Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri, Vol.1, Dokuz Eylül University, Department of Mining Engineering, İzmir, Turkey.
- Dichmann, T.K., Finch, J.A., 2000, The Role of Copper Ions in Sphalerite-Pyrite Flotation Selectivity, *Mineral Engineering*, vol 14, 217-225.
- Ekmekçi, Z., Demirel, H., 1996, Electrochemical behaviour and collectorless flotation of pyrite, *Changing Scopes in Mineral Processing*, Rotterdam, 197-202.
- Ekmekçi, Z., Hassoy, H., 2000, Variation in pH, Redox Potential and Oxygen Concentration and their Effects on Mineral Surface Oxidation at Küre, *Trans. IMM: Section C*, 109, C112-116.
- Yılmaz, T., 2004, Yomra-Kayabaşı Masif Sülfid Cu-Pb-Zn Cevherinin Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans tezi, KTÜ Müh. Mim. Fakültesi, Trabzon.
- Woods, R., 2003, Electrochemical Potential Controlling Flotation, *Int.J.of Miner. Process*, 72, 151-162.



Pirit-Metal İyonu Etkileşimine Albüminin Etkisinin Voltametri Tekniği ile İncelenmesi

K. Şahbudak

Cumhuriyet Üniversitesi, Divriği Meslek Yüksekokulu, 58300 Divriği / Sivas

Ü. Akdemir

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

T. Güler

Cumhuriyet Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

S. Çetinkaya

Cumhuriyet Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

ÖZET: Bu çalışmada, pirit yüzeyinin metal iyonu (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Fe^{+2}) ve albümin ile etkileşimi, albüminin pirit-metal iyonu etkileşimine etkisi dönüşümlü voltametri tekniği ile incelenmiştir. Deneylede metal iyonu, pirit yüzeyine absorplanarak farklı redoks piklerinin oluşumuna neden olmuştur. Albümin ise pirit yüzeyini kaplayarak belirli oranda elektron transferini engellemiştir.

ABSTRACT: In this study the effect of albumin-pyrite metal ion interaction, albumin interaction on pyrite's surface metal ion (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Fe^{+2}) was investigated using cyclic voltammetry techniques. In experimental studies, metal ion caused different redox peaks by absorbing on pyrite surfaces. Albumin is also inhibited the electron transfer in definite ratio by covering the pyrite's surface.

1 GİRİŞ

Fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri yönünden sorunsuz olan cevherler dünyada tükenmek üzeredir. Bu nedenle elde edilen ürünlerin kalitesi düşük olabilmekte veya istenilen tenörü elde etmek için temizleme kademeleri artırıldığından zenginleştirme maliyeti yüksek olabilmektedir.

Son yıllarda sülfürlü minerallerin flotasyonunda önemli teknolojik gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerden en önemlisi, sülfürlü minerallerin flotasyon sisteminde; birbirleri ve çözelti arasında meydana gelen elektrokimyasal tepkimeler olmuştur. Sülfürlü mineraller yarı iletken özelliğe sahip olduğundan elektron alıcısı veya vericisi olabilirler. Bu nedenle sülfürlü minerallerin flotasyonunda ortamın pH değerinin kontrolüyle beraber mineralin elektrokimyasal davranışını da kontrol ederek, flotasyonda istenilen sonuçları almak mümkün olabilmektedir. Flotasyon işlemi sırasında mineral yüzeyinde meydana gelen tepkimelerin temelde anodik ya da katodik tepkimelerden oluştuğlarının söylenebilmesine rağmen, gerçekte mineralin bileşimine bağlı olarak daha karmaşık kimyasal ve elektrokimyasal tepkimeler meydana gelmektedir. Bu tepkimeler incelendiğinde bazı sülfürlü minerallerin (kalkopirit, pirit, v.b) belirli potansiyel bölgelerinde toplayıcı reaktif kullanılmadan yüzebilme özelliğine sahip oldukları tespit edilmiştir (Güler et al., 2006).

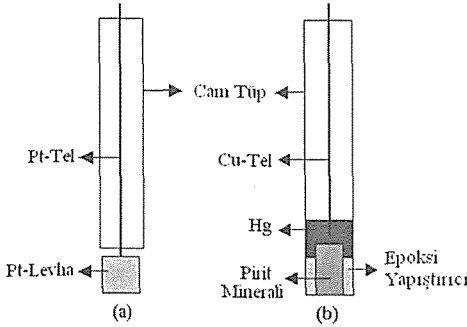
Organik polimerler yapılarına ve kullandıkları ortamda bulunan minerallerin yüzey özelliklerine bağlı olarak farklı mekanizmalarla yüzeye soğurulurlar. Polisakkaritlerin flotasyonda kullanımı ile ilgili genel kaygı öncelikle hidrojen bağları ile mineral yüzeyine soğuruldukları düşünüldüğünden seçimli olmadıkları ve işlevlerinin önceden tahmin edilmediği şeklindeydi. Ancak son yıllarda polisakkaritlerin soğurulma mekanizması üzerine yapılan çalışmalar, mekanizmanın hidrojen bağlarından çok daha karmaşık olduğunu göstermektedir. Polisakkaritlerin mineral yüzeyindeki metal hidroksitlerle etkileşimleri sayesinde soğuruldukları belirlenmiştir (Laskowski ve Liu, 1999b).

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylede kullanılan pirit örnekleri Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. Murgul müessesinden alınmıştır. Örneğin kimyasal analizi pirit kristalinin yüksek saflıkta (> % 96) olduğunu ortaya koymuştur. Elektrokimyasal çalışmalar üç elektrot sistemli cam hücrede gerçekleştirilmiştir. Kalomel elektrot, 1 cm^2 platin levha ve pirit kristali, sırasıyla referans, karşıt ve çalışma elektrodu olarak kullanılmıştır (Güler et al., 2004). 1 cm^2 platin levha Ag-kaynağı ile 25 cm uzunluğunda 0.5 mm çapında Pt-tele bağlanmış ve bir cam boru içine yerleştirilmiştir (Şekil 1.a). Pirit kristali

dikdörtgenler prizması şekline getirilerek, sıvı epoksi yapıştırıcı ile 6 mm iç çapa sahip bir cam boru içerisine sabitlenmiştir (Şekil 1.b). İletkenliği sağlamak için, cam boru içerisine bir miktar Hg eklenerek Cu-tel ile çalışma elektrodu potansiyostata bağlanmıştır. Bu çalışmada, doymuş kalomel elektrot (SCE) ölçeği cinsinden elde edilen potansiyel değerleri 245 mV eklenerek standart hidrojen elektrot (SHE) ölçeğine dönüştürülmüştür.

Bu çalışmada piritin, farklı koşullarda (farklı metal iyonu ve organik bastırıcı konsantrasyonlarında ve değişik pH değerlerinde) potansiyostat ile belirli potansiyel aralıklarında elektrokimyasal spektrumları (Eh-I çizelgeleri) elde edilmiş ve mineral yüzeyinde gerçekleşen redoks tepkimeleri incelenmiştir.



Şekil 1 a) Pt-karşıt elektrot; b) Pirit çalışma elektrodu

Deneyel çalışmalar laboratuvar ortamında hazırlanan tampon çözeltiler (pH 6.97, pH 9.2, pH 11, pH 12.5) ile yapılmıştır. Tampon çözeltiler analitik saflıkta kimyasal maddeler kullanılarak hazırlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Deneyel çalışmalarda kullanılan tampon çözeltilerin kimyasal bileşimi

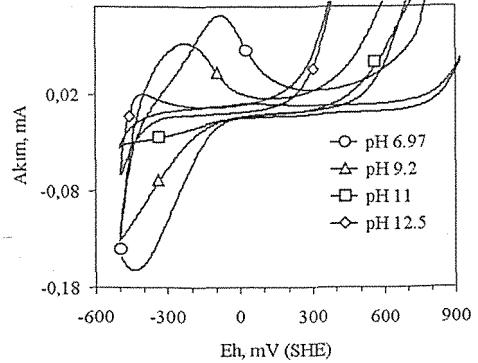
pH	Bileşen
6.97	0.025 M KH_2PO_4 + 0.025 M Na_2HPO_4
9.2	0.05 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
11	0.025 M NaHCO_3 + 0.023 M NaOH
12.5	0.1 M NaOH + 0.1 M $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

Deneyler, 15 dakika süreyle yüksek saflıkta argon gazı (% 99,99) geçirilerek oksijeni giderilmiş tampon çözeltiyle yapılmıştır. Her deney öncesinde pirit çalışma elektrodu yüzeyi, öncelikle 800 numara Si-C zımpara kağıdı ile temizlenmiş ve daha sonra 1 µm elmas pasta ile parlatılmıştır. Saf su ile yüzeyi yıkanan elektrot hızlı bir şekilde hücreye yerleştirilerek oksitlenmesine izin verilmemiştir. Pt-elektrot ve hücre ise seyreltik kromik asitle temizlenmiştir.

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

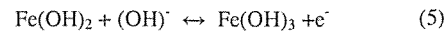
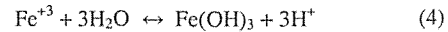
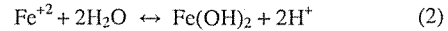
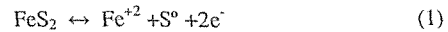
Dönüşümlü voltametri tekniği ile elde edilen voltamogramlarda, taranan potansiyel aralığı boyunca akımdaki değişimler incelenerek mineral yüzeyinde meydana gelen olası tepkimeler araştırılmıştır. Akımın pozitif yönde arttığı bölge, anodik bölge olarak tanımlanır ve elektrot yüzeyinin anodik bir tepkime ile oksitlendiğini gösterir. Bunun tersi durumda katodik tepkime gerçekleşir.

Piritin, nötr ve alkali ortamda farklı pH değerlerinde elde edilen voltamogramları Şekil 2'de verilmiştir. İncelenen pH aralığında anodik bölgede iki, katodik bölgede ise bir pik oluşmuştur. Anodik taramada nötr pH'da (pH 6.97) 0 mV civarında en yüksek akım şiddetine ulaşan A1 piki elde edilmiştir. Nötr ortamda elde edilen pik alkali ortam ile karşılaştırıldığında, muhtemelen tersinmez oksidasyon ürünü olan sülfat oluşumu ve demir oksihidroksitlerle mineral yüzeyinin kaplanarak pasif yüzey oluşması nedeniyle çok düşük şiddette gerçekleşmiştir (Janetski et al., 1977).



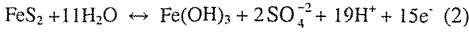
Şekil 2. Farklı pH değerlerinde çizilmiş pirit voltamogramları (v = 50 mV/s)

Anodik bölgede düşük potansiyelde oluşan anodik pikin (A1) piritin ilk oksidasyon tepkimelerine ve $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ redoks çiftine ait olduğu tahmin edilmiştir (tepkime (1)-(5)) (Chander and Briceno, 1987; Pang and Chander, 1993; Tao et al., 2003).



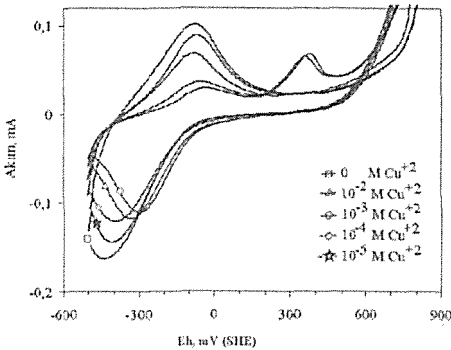
Katodik taramada gerçekleşen K1 piki ise (5) numaralı tepkimeye göre ferrous hidroksit

oluşumunu göstermektedir. K1 pikinin boyutunun A1 pikine göre büyük olması, A1 piki oksidasyon ürünlerinin indirgenmesi dışında gerçekleşen farklı indirgenme tepkimelerinin K1 pikinin akım şiddetini artırdığını göstermektedir. Yani bu artış muhtemelen A2 piki oksidasyon ürünlerinin indirgenmesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek potansiyelde gerçekleşen ve potansiyelin artışı ile akım şiddeti hızla artan A2 pikinin, piritin sülfat ve ferik hidroksit oluşumunu gösterdiği tahmin edilmiştir (tepkime (2)) (Tao et al., 2003).



Flotasyon pülünde bulunan metal iyonları pirit verimini ciddi oranda etkiler; flotasyon koşullarına bağlı olarak bazı metaller canlandırıcı, bazıları ise bastırıcı özellik gösterebilir. Bu çalışmada Cu^{+2} , Fe^{+2} ve Pb^{+2} iyonlarının piritin elektrokimyasal davranışına etkisi pH 9.2 tampon çözeltisinde incelenmiştir.

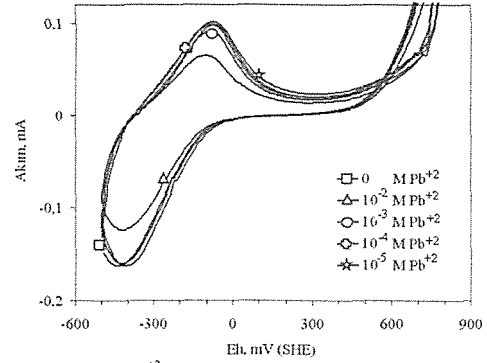
Bakır iyonunun pirit yüzeyinde soğurumu sfaleritin Cu^{+2} ile canlandırılmasında olduğu gibi iyon değişimi ile gerçekleşmemektedir. Çünkü pirit yüzeyinden çözeltiye geçen Fe iyonları ile mineral yüzeyine soğurulan bakır iyonlarının oranının 1:1 olmadığı yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Weisener and Gerson, 2000a,b). Cu^{+2} pirit yüzeyinde kuprik hidroksit oluşturarak adsorplanır ve sülfid (S_2^{2-}) ile tepkimeye girerek sülfidin, S_2^{-1} veya polisülfide'e (S_n^{2-}) yükseltgenmesi ile $\text{Cu}(\text{I})\text{S}^{\cdot}$ indirgenir (He et al., 2005).



Şekil 3. Farklı Cu^{+2} konsantrasyonlarında çekilen pirit voltamogramları (pH 9.2; $v = 50$ mV/s)

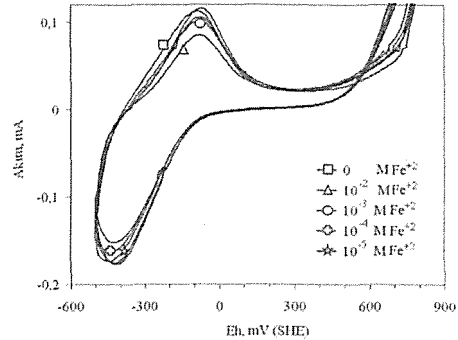
Şekil 4'te piritin farklı Pb^{+2} iyon konsantrasyonlarında elde edilmiş voltamogramları görülmektedir. Pb^{+2} iyon konsantrasyonundaki artış ile sadece redoks piklerin şiddeti düşmüştür. Yeni pik oluşumu gözlenmemiştir. Elektrokimyasal bulgular pirit ile Pb^{+2} etkileşiminin zayıf olduğunu ve Pb^{+2} iyonunun pirit üzerinde bastırıcı etkisi

olduğunu ortaya koymuştur (Laajalehto et al., 1999). Diğer taraftan, Peng et al., (2003) ise flotasyon ile pirit-galen ayırımı konusunda yaptıkları çalışmada galvanik etkileşimden dolayı Pb oksidasyon ürünlerinin piriti canlandırdığını belirtmiştir.



Şekil 4. Farklı Pb^{+2} konsantrasyonlarında çekilen pirit voltamogramları (pH 9.2; $v = 50$ mV/s)

Fe^{+2} iyonunun piritin elektrokimyasal davranışına etkisi Şekil 5'te verilmiştir. Fe^{+2} ilavesi yeni pik oluşumuna veya var olan redoks piklerde ciddi bir değişime neden olmamıştır. Yüksek konsantrasyonda, muhtemelen oluşan ferik oksihidroksitlerin pasif bir yüzeye neden olmasından dolayı piklerin şiddetinde hafif bir düşüş gözlenmiştir.

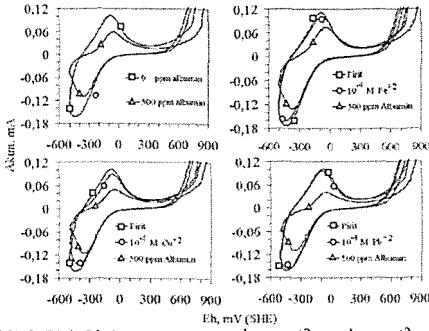


Şekil 5. Farklı Fe^{+2} konsantrasyonlarında çekilen pirit voltamogramları (pH 9.2; $v = 50$ mV/s)

Albumin miktarının pirit yüzeyine etkisi pH 9,2 tampon çözeltisinde farklı konsantrasyonlarda (0, 50, 100, 250, 500, 1000 ve 2000 ppm) incelenmiş ve elde edilen voltamogramlar Şekil 6'da verilmiştir. Albumin konsantrasyonunun artışı ile, $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ redoks çiftine ait olduğu düşünülen redoks piklerin akım şiddeti düşmüş, yeni pik oluşumu gözlenmemiştir. Albumin belirli oranda elektron transferini engelleyerek pasif yüzeye neden olmuştur. Bu durumun nedeni, mineral yüzeyinde metal iyonik bölgelerin oluşması ve metal iyonu

albumin etkileşiminde mineral yüzeyinin albumin tarafından kaplanmasıdır (Liu ve Laskowski, 1989).

Fe^{+2} , Cu^{+2} ve Pb^{+2} iyonları ve albuminin birlikte ve ayrı ayrı piritin elektrokimyasal davranışına etkisini belirlemek amacıyla dönüşümlü voltamogramlar elde edilmiştir (Şekil 6). Metal iyonları veya albumin pirit yüzeyinde farklı bir elektrokimyasal sürece neden olmamışlardır. Sadece akım şiddetini düşürmüşlerdir. Metal iyonlarının piritin redoks davranışına etkisi, albumin+metal iyonu ile elde edilen voltamogramlarla karşılaştırıldığında sınırlı düzeyde kalmıştır. Cu^{+2} ve Pb^{+2} iyonları ile albumin varlığında elde edilen voltamogramlardaki redoks piklerinin akım şiddeti, Fe^{+2} +albumin ile elde edilen piklerle karşılaştırıldığında düşük kalmıştır. Şekil 6'daki elektrokimyasal bulgular, deneysel süreçte oluşan Cu^{+2} -albumin ve Pb^{+2} -albumin karmaşık bileşenlerinin pirit yüzeyini daha aktif bir şekilde kapladığını göstermektedir.



Şekil 6. Pirit Voltamogramı (10^{-4} M Pb^{+2} , 10^{-4} M Fe^{+2} , 10^{-4} M Cu^{+2} , 500 ppm albumin)

4 SONUÇLAR

Yapılan elektrokimyasal çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Nötr ve alkali ortamda farklı pH değerlerinde pirit yüzeyinde oluşan bileşiklerin oluşumu elektrokimyasal potansiyelle bağlıdır.
- Tetraborat tampon çözeltisinde, yüksek Cu^{+2} konsantrasyonunda pirit yüzeyinde elektrokimyasal tepkimeler sonucu Cu-bileşikleri oluşurken, Fe^{+2} ve Pb^{+2} iyonları farklı redoks piklere neden olmamıştır.
- Albumin pirit yüzeyindeki elektron transferini belirli oranda engelleyerek elektrokimyasal olarak pasif bir yüzeye neden olmuştur.
- Cu^{+2} , Fe^{+2} ve Pb^{+2} iyonlarının albumin ile birlikte kullanılması durumunda; Cu^{+2} ve Pb^{+2} iyonları ile albumin daha etkin bir şekilde pasif yüzeye neden olmuş ve yüzeyde oluşan redoks piklerinin şiddetinin daha fazla düştüğü gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Bıçak, Ö ve Ekmekçi, Z., 2005. Polisakaritlerin flotasyonda bastırıcı olarak kullanımı ve soğurumu mekanizmaları, Madencilik, C.44, ss.19-31.
- Bogusz, E., Brienne, S.R., Butler, I., Rao, S.R. and Finch, J.A., 1997. Technical note: Metal ions and dextrin adsorption on pyrite, Min. Eng., V.10, pp.441-445.
- Bulatovic, S.M., 1999. Use of organic polymers in the flotation of polymetallic ores: a review, Minerals Engineering, V.12, pp.341-354.
- Camuzcu, T., Akdemir, Ü. and Güler, T., 2005. Role of Fe(II) and Fe(III) Ions on the Floatability of Pyrite by Dithiophosphate, XI Balkan Mineral Processing Congress, Albania, pp.244-249.
- Camuzcu, T., Akdemir, Ü. and Güler, T., 2004. Hydrophobicity and electrochemical behaviour of pyrite in the presence of xanthate and Fe^{+2} in alkaline condition", 10th IMPS, Çesme-Izmir, Turkey, pp.333-340.
- Chander, S. and Briceno, A., 1987. "Kinetics of pyrite oxidation", Min. and Metal. Processing, V.4, pp.171-176
- Conway, B.E., Ku, J.C.H., Ho, F.C., 1980. The electrochemical surface reactivity of iron sulfide, FeS_2 . J. Coll. Interf. Sci. 75 (2), 357-372.
- Güler, T., Hiçyılmaz, C., Gökgaç, G. and Ekmekçi, Z., 2004. Voltammetric and DRIFT spectroscopy investigation in dithiophosphate-chalcopyrite system, Journal of Colloid and Interface Science, V.279, pp.46-54.
- He, S., Fornasiero, D. and Skinner, W., 2005. Correlation between copper-activated pyrite flotation and surface species: Effect of pulp oxidation potential, Minerals Engineering, V.18, pp.1208-1213.
- Hemmingsen, T., 1992. The electrochemical reactions of sulphur-oxygen compounds - Part I. A review of literature on the electrochemical properties of sulphur/sulphur-oxygen compounds. Electrochim. Acta 37 (15), 2775-2784
- Janetski, N.D., Woodburn, S.I. and Woods, R., 1977. An electrochemical investigation of pyrite flotation and depression. Int. J. of Mineral Processing, V.4, pp.227-239.
- Laajalehto, K., Leppinen, J., Kartio, I. and Laiho, T., 1999. XPS and FTIR studies of the influence of electrode potential on activation of pyrite by copper or lead, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, V.154, pp.193-199.
- Liu, Q. and Lakowski, J.A., 1989. The interactions between dextrin and metal hydroxide in aqueous solutions. J. Colloid Interface Sci., 29:670-679.
- Pang, J. and Chander, S., 1993. Properties of surface films on chalcopyrite and pyrite and their influences in flotation, XVIII. IMPC, Sidney, pp.669-677.
- Peng, Y., Grano, S., Fornasiero, D. and Ralston, J., 2003. Control of grinding conditions in the flotation of galena and its separation from pyrite, International Journal of Mineral Processing, V.70, pp.67-82.
- Tao, D.P., Richardson, P.E., Luttrell, G.H. and Yoon, R.-H., 2003. Electrochemical studies of pyrite oxidation and reduction using freshly-fractured electrodes and rotating ring-disc electrodes, Electrochim. Acta, V.48, pp.3615-3623.
- Weisener, C. and Gerson, A., 2000. An investigation of the Cu(II) adsorption mechanism on pyrite by ARXPS and SIMS, Minerals Engineering, V.13, pp.1329-1340.
- Weisener, C. and Gerson, A., 2000. Cu(II) adsorption mechanism on pyrite: an XAFS and XPS study, Surface and Interface Analysis, V.30, pp.454-458.

Asidik Ferrik Sülfat İle İkincil Bakır Sülfidlerin (CuS ve Cu₂S) Liçi

T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci & O. Celep

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

C. Duran

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

M. Vıcıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Trabzon-Kayabaşı Maden yatağı masif cevherin mineralojik özellikleri ve ferrik liçi ile metal kazanımı araştırılmıştır. Yapılan mineralojik incelemeler sonucunda cevherin; kovellin, kalkozin, enarjit, bornit, kalkopirit gibi bakır mineralleri (%12,5 Cu) ile sfalerit (%4,9 Zn), pirit (%29,9 Fe) ve galenden (%0,7 Pb) oluştuğu ve Cu minerallerinin piritle kenetli olduğu belirlenmiştir. Liç çalışmalarında, ferrik demir konsantrasyonunun (0,5-0,0625 M), sıcaklığın (25-80°C) ve tane boyutunun ($\leq 106 \mu\text{m}$) Cu ve Zn çözünmesi üzerine etkisi, ağırlıkça %0,5 pulp yoğunluğunda, incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sıcaklığın Cu ve Zn çözünme verimini önemli derecede etkilediği ve ekspanansiyel olarak artırdığı görülmüştür ve 80°C ve 0,125 M Fe⁺³ iyon derişiminde, %90 Cu ve %54 Zn verimi elde edilmiştir. Deneysel koşullarda, ferrik iyon konsantrasyonun artması ve tane boyunun azalması ile metal ekstraksiyonunda istenilen etki sağlanamamıştır.

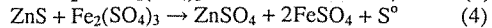
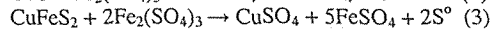
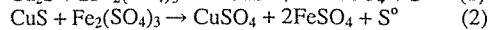
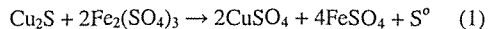
ABSTRACT: In this study, the mineralogical characteristics and the acidic ferric leaching of Trabzon-Kayabaşı Massive Sulphide ore were investigated. Mineralogical analysis of the ore samples has shown that the ore contains a variety of copper sulphides (12.5% Cu) including covellite, chalcocite, enargite bornite, chalcopyrite, sphalerite (4.9 % Zn), pyrite (29.9 % Fe) and galena (0.7 % Pb). Copper bearing minerals were found to occur as closely associated with pyrite and sphalerite. In the leaching tests, the effect of ferric iron concentration (0.0625-0.5 M), leaching temperature (25-80°C) and particle size ($\leq 106 \mu\text{m}$) on the extraction of copper and zinc were examined at 0.5% w/w pulp density. The results indicated that the temperature exerts a strong effect on the rate and extend of extraction of copper and zinc that tended to increase exponentially with increasing temperature and over 90 % Cu and 54% Zn recoveries were obtained at 80 °C. The decrease in the particle size and the increase in the ferric iron concentration under the test conditions did not produce the desired effect on the metal extraction.

1 GİRİŞ

Yüksek tenörlü bakır sülfid cevherleri, genellikle flotasyon konsantre ürünlerinin ergitme ve rafinasyon adımlarını içeren pirometalurji prosesi ile muamele edilirler. Fakat çevreye önemin artması ve ergitme ve rafinasyon işlemlerinin maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı sülfid cevherleri için hidrometalurjik prosesler önem kazanmıştır. (Davenport ve ark., 2002). Asidik çevrelerdeki metal sülfidlerin çoğu düşük çözünürlüğe sahip olduklarından dolayı çözünmeyi sağlamak için oksijen ve ferrik demir gibi oksitleyici bir reaktife ihtiyaç duyarlar (Dutrizac ve McDonald, 1974). Fe (III) tuzlarının kullanıldığı proseslerde, kullanılan asidin sülfirik veya hidroklorik asit olmasına bağlı olarak, sırasıyla Fe₂(SO₄)₃ ve FeCl₃ kullanılmaktadır. Fe⁺³ iyonlarının yükseltgeyici etkisi yanında kompleks oluşturucu etkisi de

bulunmakta ve pek çok mineral çözünmesinde etkili bir görev yapmaktadır. 770 mV standart elektrot potansiyeline sahip ferrik tuzları bakır sülfidleri etkili bir şekilde oksitleyebilir. (Arslan ve ark., 2003, Burkin, 2001). Ancak, ortam pH'ı 2-3 değerlerlerinde Fe⁺³ kolaylıkla hidroliz olduğundan Fe(OH)₃ şeklinde çökmesini engellemek için pH'ın kontrol altında tutulması gerekir (Canbazoglu, 2001).

Bazı bakır ve sfalerit minerallerinin asidik ferrik sülfat ortamında çözünmesi aşağıdaki reaksiyonlar ile gösterilebilir.



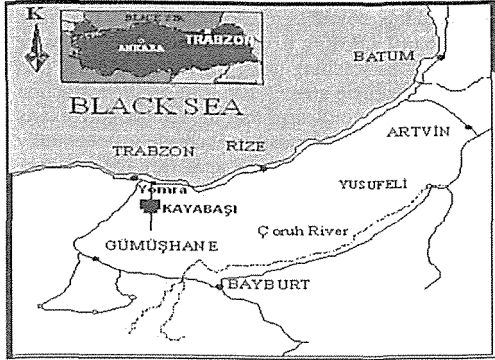
Yukarıdaki reaksiyonlardan da görüldüğü gibi, mineral yüzeyinde elementer sülfür toplanmıştır ki bu durum prosesin ilerlemesine ters etki yapabilir (Dutrizac ve McDonald, 1974).

Carranza ve ark. (2004) kalkopirit ve ikincil bakır sülfid mineralleri (kalkozin ve kovellin) içeren bakır konsantreleri üzerine yaptıkları çalışmada BRISA prosesinin değerlendirilebilirliğini incelemişlerdir. Sonuçta 8 saatte ve 70°C'de bakır konsantrelerine ferrik liçi uygulayarak %92 Cu ekstraksiyonları elde etmişlerdir. Ayrıca yazarlar yüksek kalkopirit içeriği ile konsantrelerden yüksek bakır çözümleri başarmak için uzun liç periyotları ve katalizör ilavesinin gerekli olduğunu gözlemlemişlerdir. Smalley ve Davis (2000) ikincil bakır cevherinin atmosferik ferrik liçinin teknik olarak olabilirliğini pilot ölçekte göstermiştir.

Trabzon-Kayabaşı bakır cevher yatağı Karadeniz Bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1). Kayabaşı cevherinin flotasyon etkinliği önceki çalışmalarda incelenmiştir. Bakır minerallerinin yeterince serbestleşmemesinden dolayı flotasyon zenginleştirmesinden etkili bir sonuç alınmadığı görülmüştür (Yılmaz., 2004).

Cevherde As ve Hg gibi istenmeyen minerallerin varlığı da ayrıca flotasyon ve eritmede olumsuz etki yaratmaktadır. Bu yüzden Kayabaşı cevheri hidrometalurjik olarak zenginleştirilmelidir.

Bu çalışmada, Trabzon-Kayabaşı Maden yatağı masif cevherin mineralojik özellikleri ve ferrik liçi ile metal kazanımı araştırılmıştır.



Şekil 1. Kayabaşı bakır cevher yatağının yeri.

2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1 Materyal

Masif sülfid cevherler, Trabzon-Kayabaşı cevher yatağından alınmıştır. Ferrik liçi çalışmaları için örnekler hazırlanmıştır. Deneysel örnekler, laboratuvar tipi çubuklu değirmen ile yapılmıştır. Çubuklu değirmenin şarj oranı %45 olarak alınmıştır ve öğütme, kritik hızın %73'üne karşılık gelen 75 dev/dak. hız kullanılarak 1000 gr cevher ile yapılmıştır.

Parlak kesitler ve öğütülmüş örnekler mineralojik analizlerde kullanılmıştır. Masif cevherin kimyasal analizi (Tablo 1) standart taş kimyasal analiz metodu ve AAS (Atomik Adsorbsiyon Spektrometre) ile belirlenmiştir.

Tablo 1. Cevherin Kimyasal Analizi

Element	%	Element	g/ton	Bileşik	%
Cu	12,5	Au	2,7	SiO ₂	10,5
Pb	0,7	Cd	199,8	Al ₂ O ₃	1,77
Zn	4,9	Ni	27,1	MgO	0,17
Fe	29,9	Ag	117,7	Fe ₂ O ₃	33,3
As	0,9	Hg	26,4	MnO	0,04
S	32,6	Ni	27,1	Cr ₂ O ₃	0,008
Ba	4,8	Sn	4	Na ₂ O	0,12
Sb	0,02	Co	17,8	LOI	24,3

Tablo 1'deki sonuçlara göre; As miktarı, cevher içerisinde %0,9 civarındadır. Ag miktarının da 117 ppm gibi yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

2.2 Metot

Cevherin mineralojik analizleri için ince kesitler hazırlanmış ve parlatılmıştır. Hazırlanan kesitler mikroskop altında incelenmiştir (Yılmaz, 2004; Alp ve ark., 2003). Her kesitten ortalama 650-700 mineral tanesi incelenmiş ve mineral oranları belirlenmiştir.

Liç deneyleri sıcaklık kontrollü su banyosunda cam bir kaptan gerçekleştirilmiştir. İstenilen oranlarda ferrik sülfat çözeltisine (300 ml, 0,0625-0,5 M Fe³⁺ + 0,25 M H₂SO₄) cevher örneği ilave edilmiştir. Tüm liç testlerinde ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5 (≤106 µm) olarak alınmıştır. Karıştırma IKA-RW20 reaktörü ile 600 dev/dak. hızda gerçekleştirilmiştir. Belirli zamanlarda kaptan 1 ml örnekler alınmış ve daha sonra AAS ile Cu, Zn ve Fe için kullanılmıştır. Buharlaştırma kayıpları saf su ilavesiyle telafi edilmiştir. pH ve Eh liç testleri esnasında ölçülmüştür.

Liç çalışmalarında, ferrik demir konsantrasyonunun (0,5-0,0625 M), sıcaklığın (25-80°C) ve tane boyutunun (≤106 µm) Cu ve Zn çözünmesi üzerine etkisi, %0,5 pulp yoğunluğunda, incelenmiştir. Cevherin ferrik liçi için deneysel şartlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

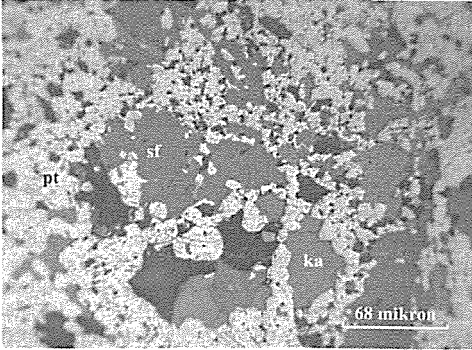
Tablo 2. Cevherin ferrik liçi için deneysel şartlar

Ferrik sülfat çözeltisi, ml	300
Su	Saf su
Öğütme zamanı, dak.	16
Pulp yoğunluğu, %	0,5
Karıştırma, dev/dak	600
Fe ₂ (SO ₄) ₃ , gr	1,5
Liç zamanı, saat	8-12-23
Sıcaklık, °C	25-30-40-50-70-80

3 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Cevherin Mineralojik Özellikleri

Laboratuvarında yapılan mineralojik incelemede masif cevherde birincil cevher minerali olarak kovellin-kalkozin, az oranlarda ise, bornit ve kalkopirit olduğu saptanmıştır. Bakır minerallerinin yanı sıra az oranda sfalerit'in, eser olarak da galenin olduğu gözlenmiştir. Bakır mineralleri daha çok piritle kenetli olarak bulunmaktadır (Şekil 2).



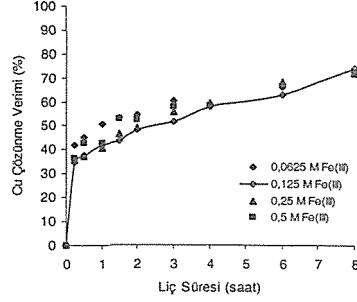
Şekil 2. Masif sülfid cevherinin parlak kesit incelemesi (Sf: sfalerit, Pt: pirit, Ka: kalkozin) (25x16).

3.2 Cevherin Asidik Ferrik Liçi

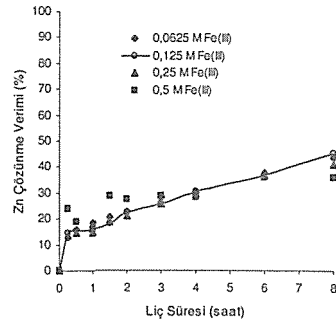
3.2.1 Cu ve Zn çözünmesi üzerine Fe^{+3} demir konsantrasyonunun etkisi

Fe^{+3} demir iyon konsantrasyonunun ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5 ve $70^{\circ}C$ 'de Cu ve Zn çözünme verimine etkisi Şekil 3-4 de gösterilmiştir. Şekil 5'de metal çözünmesi üzerine konsantrasyonun önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bakır çözünmesi başlangıçta 30 dakikalık liç süresinde hızlı bir şekildedir, daha sonra çözünme yavaşlamaktadır (Şekil 3). Bu durum mineral yüzeyinde elementer sülfür gibi difüzyon tabakasının birikmesinden (Dutrizac ve McDonald, 1974) ve enarjit ve kalkopirit gibi inatçı fazların arkasında kalmış daha reaktif mineral fazların tüketilmesinden kaynaklanabilir. Benzer liç eğilimi Şekil 4'de de gözlemlenmektedir.

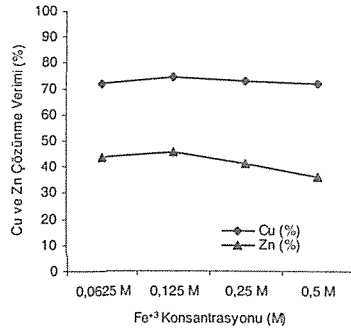
8 saatlik liç zamanının sonunda, 0,125 M Fe^{+3} çözeltisi kullanılarak bakırın %74'ü ve çinkonun %45'i ekstrakte edildi (Şekil 5). Bakırın çinkodan daha kolay bir şekilde çözündüğü görülmektedir.



Şekil 3. Fe^{+3} iyon konsantrasyonunun Cu çözünmesi üzerine etkisi (Sıcaklık $70^{\circ}C$; Karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).



Şekil 4. Fe^{+3} iyon konsantrasyonunun Zn çözünmesi üzerine etkisi (Sıcaklık $70^{\circ}C$; Karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).

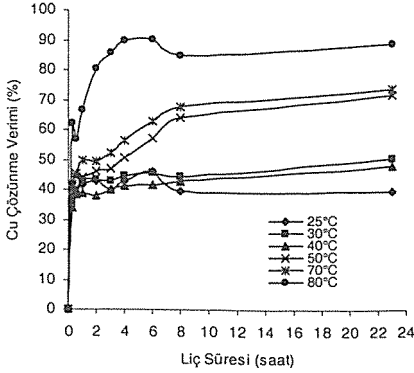


Şekil 5. 8 saat sonrası metal çözünmesine karşı Fe^{+3} konsantrasyonu (M) etkisi.

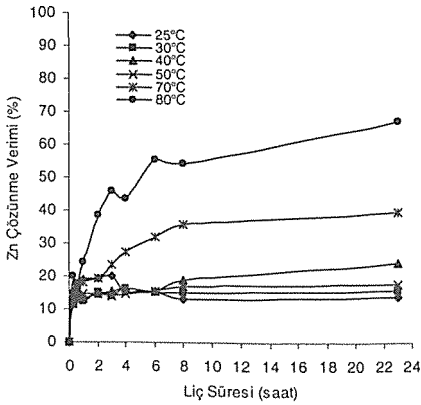
3.2.2 Cu ve Zn çözünmesi üzerine sıcaklık etkisi

Şekil 6-7'de görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça çözünme artmaktadır. Şekil 8'de liç periyodunun sonunda bakır ve çinko çözünmesine karşı sıcaklık gösterildi. 8 saatlik liç periyodundan sonra $80^{\circ}C$ 'de

%91 bakır ve 25°C'de %42 Zn (Şekil 6) çözüldüğü görülmektedir. Sıcaklık artışıyla çinko çözünmesinin artmasında benzer bir şekilde oluşmaktadır. Ayrıca 8 saat sonra liç periyodu sürmesine rağmen Cu çözünmesinin azaldığı gözlenmektedir. Bu ya liç reaktifinin zayıf özelliğinden yada refrakter bakır sülfidlerin düşük çözünme özelliğinden kaynaklanabilir.

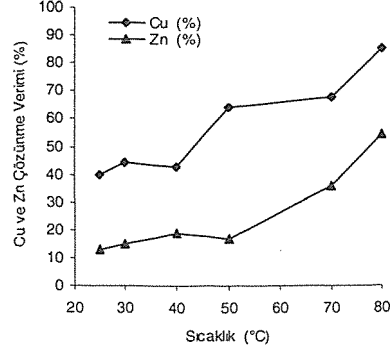


Şekil 6. Sıcaklığın Cu çözünmesi üzerine etkisi (0,125 M Fe³⁺ iyon konsantrasyonu; Karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).



Şekil 7. Sıcaklığın Zn çözünmesi üzerine etkisi (0,125 M Fe³⁺ iyon konsantrasyonu; Karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).

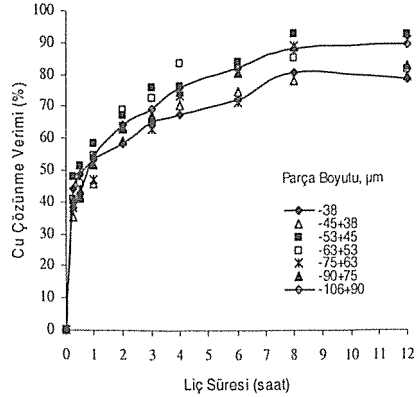
Carranza ve ark., (2004); Palencia ve ark., (2002) 90°C'de sıcaklık artmasıyla ikincil bakır bakır sülfid cevherlerinden bakır ve çinko çözünmesinde önemli bir gelişme gözlemlenmiştir. Onlar ayrıca 90°C'nin üzerinde Jarosit gibi demir çökeleklerinin arttığını da belirlemişlerdir. Bu çalışmada demir çökeleklerinin oluşmasını önlemek için pH≤1'de kontrol edilmiştir.



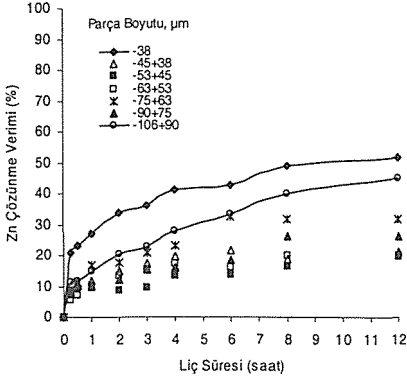
Şekil 8. Metal çözünmesine karşı sıcaklık etkisi.

3.2.3 Cu ve Zn çözünmesi üzerine tane boyutunun etkisi

Yüzey alanı liç sistemlerinde önemli bir parametredir. Çünkü çözünme reaksiyonları mineral yüzeyinde oluşur. Liç hızı genellikle yüzey alanının artmasıyla artma eğilimindedir. Şekil 9-10'da, bakır ve çinkonun çözünmesi üzerine öğütülmüş cevherden elde edilen farklı boyut parçaları kullanarak yüzey alanının artmasının etkileri gösterilmektedir. Genelde tane boyutunun azalmasıyla çözünme artmaktadır. Burada da bakır çözünmesi %78-93 oranlarında değişmektedir.



Şekil 9. Tane boyutunun Cu çözünmesi üzerine etkisi (Sıcaklık 70°C; 0,125 M Fe³⁺ iyon konsantrasyonu, karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).



Şekil 10. Tane boyutunun Zn çözünmesi üzerine etkisi (Sıcaklık 70°C; 0,125 M Fe³⁺ iyon konsantrasyonu, karıştırma hızı 600 dev/dak; ağırlıkça pulpte katı oranı %0,5).

4 SONUÇLAR

Trabzon-Kayabaşı massif sülfid cevherinin ferrik liçi ve mineralojik özellikleri incelendi. Cevherde en fazla bulunan bakır minerali kalkozin olarak belirlendi. Bakır sülfidler genellikle pirit ve sfalerit ile kenetli olarak bulunmaktadır. Liç testleri, sıcaklığın artmasıyla 80°C'de %90 Cu ve %54 Zn kazanımları ile bakır ve çinkonun çözünmesinde önemli bir artış olduğunu göstermektedir. Bakır ve çinko çözünmesinin 0,0625-0,5 M aralığındaki ferrik demir konsantrasyonundan bağımsız olduğu ortaya çıkmıştır. Tane boyutunun Cu ve Zn çözünmesi üzerine sınırlı etkisinin olduğu belirlendi.

KAYNAKLAR

- Alp İ., Yılmaz T., Yazıcı E., Celep O., 2003; Determination of the Degree of Liberation and Optimum Grind Time of Kayabaşı-Trabzon (Turkey) Cu-Pb-Zn Massive Ore. 3rd International Conference "Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection"-SGEM, pp. 39-44., Bulgaria.
- Arslan F., Kangal M. O., Bulut G., Gül A., 2004; Leaching of Massive Rich Copper Ore with Acidified Ferric Chloride. *Mineral Processing & Extractive Metall.*, 25. 143-158.
- Canbazoğlu M., 2001; Çözelti Madenciligi Ders Notları, Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Sivas.
- Carranza F., Iglesias N., 2004; Treatment of Copper Concentrates Containing Chalcopyrite and Non-Ferrous Sulphides by The BRISA Process, *Hydrometallurgy* 71. 413-420.
- Burkin A.R., 2001; Chemical Hyrometallurgy, *Imperial College Press*, London.
- Davenport, W.G., King, M., Schlesinger, M., Biswas, A.K., 2002; *Extractive Metallurgy of Copper*, Pergamon, UK.
- Dutrizac, J.E., McDonald. R.J.C., 1974; Ferric ion as a leaching medium, *Mineral Sci. Engng.* 6. No2. 59-95.
- Palencia I., Romero R., 2002; Treatment of secondary copper sulphides (chalcocite and covellite) by the BRISA process, *Hydrometallurgy* 66. 85-93.
- Smalley, N., Davis, G., 2000, Operation of the Las Cruces Ferric Sulphate Leach Pilot Plant, *Minerals Engineering*, 13. 599-608.
- Yılmaz, T., 2004; Yomra-Kayabaşı Masif Sülfid Cu-Pb-Zn Cevherinin Flotasyon Yöntemi İle Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans tezi, KTÜ Müh. Mim. Fakültesi, Trabzon.

Ordu-Akoluk Cevherinden Siyanür Liçi ile Altın-Gümüş Kazanımı

O. Celep, İ. Alp, H. Deveci & T. Yılmaz

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

M. Vıçıl

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

C. Duran

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Akoluk (Ordu -Türkiye) cevherinin siyanür liçiyle altın ve gümüş kazanımı araştırılmıştır. Mineralojik analiz, cevherde nabit altın, barit, zinkenit, stibnite, orpiment, realgar, zinober, pirit ve sfalerit olduğunu göstermektedir. Cevherde hiç gümüş minerali gözlenmemesine rağmen, fahlerz, antimonit ve zinkenitin mineral kafesinde var olduğu düşünülmektedir. Altın taneleri 1-88 µm boyutları arasında kuvars ve sülfür mineralleriyle ilişkili şekilde bulunmaktadır. Cevherin altın ve gümüş içerikleri sırasıyla 20,23 gr/ton ve 220 gr/ton olarak belirlenmiştir. 24 saatlik siyanür liç testlerinde altın ve gümüş verimleri sırasıyla $\leq \% 47$ ve $\leq \% 19,2$ olacak şekilde elde edilmiştir. Fazla öğütme altın ve gümüş kazanımında bir artışa sebep olmamıştır. Siyanür tüketimi 4.4-6.4 kg NaCN/ton ore arasında, tane boyutunun azalmasıyla birlikte azalma eğiliminde olacak şekilde değişmektedir. Bu bulgular, cevherin refrakter karakterli olduğu göstermekte ve siyanür liçinden önce refrakterlik özelliğine uygun bir ön işlemin uygulanması gerektiğini ön görmektedir.

ABSTRACT: In this study, the amenability of Akoluk (Ordu -Turkey) ore to the extraction of gold and silver by cyanide leaching was investigated. Mineralogical analysis of the ore has revealed the presence of native gold and a variety of minerals including barite, zinkenite, stibnite, orpiment, realgar, cinnober, pyrite and sphalerite. No silver was detectable under microscope suggesting that it could be present as occluded in minerals such as fahlerz, antimonite and zinkenite. Gold particles as 1-88 µm in size were observed to be associated with quartz and sulfide minerals. Gold and silver content of representative sample was determined to be 20,23 g/ton and 220 g/ton, respectively. The leach tests have shown that the extraction of gold and silver was consistently low i.e. $\leq 47\%$ and $\leq 19.2\%$ respectively over a leaching period of 24 h. Even fine grinding (i.e. -38 µm) did not improve the recovery of gold and silver. The consumption of cyanide was determined to be 4.4-6.4 kg NaCN per ton of the ore with its tendency to decrease as the particle size decreased. These findings highlighted the refractory characteristic of the ore, which appears to warrant pretreatment to overcome its refractoriness prior to cyanide leaching.

1 GİRİŞ

Altın ve gümüş cevherleri gravite, amalgamasyon, flotasyon, hidrometalurjik ve pirometalurjik işlemlerle zenginleştirilmektedir. Düşük tenörlü cevherler yada konsantrlerden altın ve gümüş kazanımı çoğunlukla siyanür liçiyle yapılmaktadır (La Brooy vd., 1994, Alp vd., 2003).

Altın ve gümüş cevherlerinin hidrometalurjik olarak kazanımında en yaygın kullanılan metot "siyanür liç" metodudur. Siyanür prosesi normal şartlar altında seyreltik sodyum yada potasyum siyanür (≈ 1 gr/l) ile saçınımlı kompleks altın cevherlerinin (<1-2 µm) düşük konsantrasyonlarda bile başarılı bir şekilde liç edilerek $Au(CN)_2^-$ kompleks oluşturulduğu hidrometalurjik işlemdir.

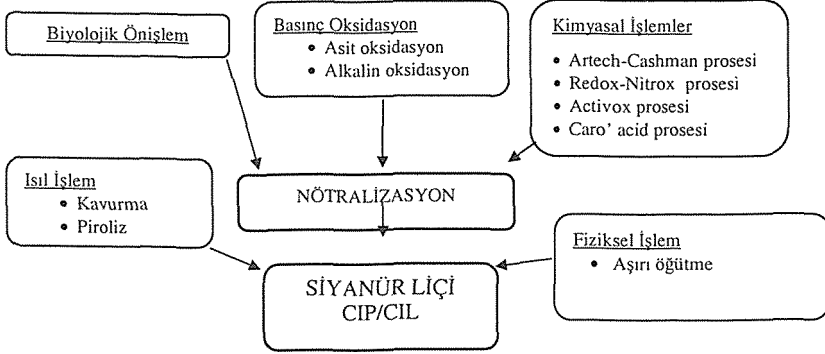
Daha sonra çözüldüden altın Merrill-Crown prosesi olarak bilinen çinko sementasyonu veya karbon adsorpsiyonuyla kazanılmaktadır (Deschenes vd., 1995, 2003 & 2005; Ubaldini vd., 1994, 1996 & 1998; Tanrıverdi, 2005).

Siyanür liçiyle verimli bir şekilde kazanılamayan bazı altın cevherleri yada konsantrleri "refrakter" olarak isimlendirilirler (La Brooy vd., 1994; Petruk, 1989; Dunn & Chamberlain, 1997; Browner & Lee, 1998; Roshan, 1990). Refrakterlik derecesi cevherin mineralojik yapısına bağlı olarak değişmektedir (Tablo 1). Refrakter cevherlerde altın çoğunlukla gang yada sülfür mineralleriyle kapanım şeklinde bulunmaktadır. Altın kazanım verimi $\% < 50$ ise cevher yüksek refrakter olarak adlandırılır (La Brooy vd., 1994).

Tablo 1. Siyanür liçindeki verime göre altın cevherlerinin refrakterlik sınıflandırılması (La Brooy vd., 1994).

Metal kazanımı; %	Refrakterlik Derecesi
< 50	Yüksek
50-80	Orta
80-90	Düşük
90-100	Refrakter değil

Refrakter cevherlerden altın kazanımını artırmak için siyanür liçinden önce aşırı öğütme, yoğun siyanür liçi, kavurma oksitlemesi, basınç oksidasyonu ve biyolojik oksidasyon gibi ön işlemler kullanılmaktadır (Şekil 1)(Gunyağa vd., 1999; Ubaldini vd., 1994; Lehman vd., 2000; La Brooy vd., 1994; Sinadinovic vd., 1999; Costa, 1997; Iglesias & Carranza, 1994).



Şekil 1. Refrakter altın cevherleri için uygulanan ön işlemler (La Brooy vd., 1994).

Akoluk cevheri Ordu ilinin güneybatısında, volkanik sedimanter kayaç birimlerinden oluşan doğu pontitlerinin batısında yer almaktadır. Cevher mineralleri nabit altın, zinkenit, sitibnit, orpiment, realgar, zinover, pirit, markazit, sfalerit ve galendir. Gang mineralleri ise kuvars, barit, kalsit, dolomit ve florittir (Yaylayı, 2000). Akoluk cevheri toplam 1047994 ton altın rezervine sahiptir (MTA, 1993). Cevherde altın tanelerinin çoğunlukla zinkenit (PbSb₂S₄) minerallerinin mineral kafes yapısında bulunduğu gözlenmiştir (Aslaner&Ottmann, 1971).

Bu çalışmada, Akoluk (Ordu) cevherinin liç davranışını belirlemek için cevherin mineralojik karakteristiği ve siyanür liçiyle altın ve gümüş kazanımı araştırılmıştır.

2 MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Akoluk (Ordu) cevher yatağından yaklaşık 150kg numune alınmıştır. Örnekler siyanür liçinde önce çeneli kırıcıda kırıldıktan sonra çubuklu değirmende öğütülmüştür.

Cevher numunesinin kimyasal analizi ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy) ve NAA (Neutron Activation Analysis) ile yapılmıştır (Tablo 2). Numunenin altın ve gümüş tenörleri sırasıyla 20,23 gr/ton Au and 220 gr/ton Ag olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Cevher numunesinin kimyasal analizi

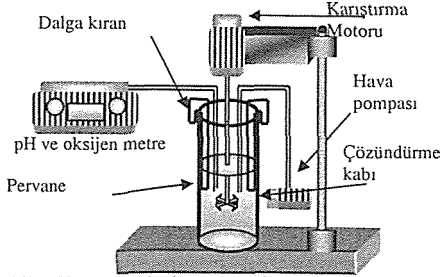
Bileşik	İçerik (%)	Element	İçerik (gr/ton)
SiO ₂	52.15	Au	20,23
Al ₂ O ₃	4.71	Ag	220
Ba	17.10	As	261.8
Fe ₂ O ₃	1.28	Cu	472.7
CaO	0.14	Zn	>10000
MgO	0.07	Pb	4283.9
Na ₂ O	0.04	Hg	>100
K ₂ O	0.38	Sr	3087.9
TiO ₂	0.8	Sb	>2000
P ₂ O ₅	0.01	Ni	6
MnO	0.01	Zr	40.7
Cr ₂ O ₃	0.001	Cd	62.7
Top. S	6.89	Ga	8.5
Top. C	0.05	Mo	12.6
LOI	4.6		

2.2 Metot

Mineralojik araştırmalar için seçilen parçalardan ince kesit ve parlak kesitler hazırlanmıştır. Bu kesitler optik mikroskop ve cevher mikroskobu ile detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmalar yağlı ortamda Leitz Wetzlar 1432 mikroskop altında gerçekleştirilmiştir.

Akoluk cevherleri için liç testleri farklı öğütme süreleri sonrasında siyanürle yapılmıştır. Deneyler Kıka Labortechnic marka laboratuvar tipi bir karıştırıcıda 1400 dev/dk karıştırma hızında 24 saatlik liç süreleri için gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Liç çözelti pH'sı sodyum hidroksit (NaOH)

kullanılarak $\approx 10,5$ değerinde tutulmuş, NaCN konsantrasyonu 1,5 gr/lt olarak ayarlanmıştır. Belli aralıklarla sıvıdan deney süresince NaCN tayini yapılmış ve azalan NaCN derişimi 1,5 gr/lt de NaCN eklenecek sabit tutulmuştur. Siyanür liç deney parametreleri Tablo 3'de görülmektedir.



Şekil 2. Karıştırılmalı siyanür liç deney düzeneği.

Tablo 3. Siyanür liçinde kullanılan deney parametreleri.

Numune miktarı, gr	250
Su	Şebeke suyu
Tane boyu, 38 μ m geçen miktar yüzdesi	66,2; 97,5; 99,7 ve 99,8
Pulp yoğunluğu, ağırlıkça %	25
pH (NaOH)	10-10,5
Karıştırma hızı, dev/dk.	1450
NaCN, gr/l	1,5
Liç zamanı, saat	24
Sıcaklık, C°	20 \pm 3

Liç işlemi bittikten sonra katı ve sıvıdan Au analizleri yapılmıştır. Liç kinetiğini takip etmek için belli aralıklarla çözeltiden sıvı örnekler alınarak NaCN ve Au analizleri yapılmıştır. Katı malzemeden Au analizleri Kral Suyu ile çözeltiyi aldıktan sonra AAS (Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometre) ile analiz edilmiştir. CN derişimi Rodanin indikatörü kullanarak AgNO₃ titrasyonu ile belirlenmiştir.

3 SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1 Cevher Mineralojisi

Kimyasal ve mineralojik analiz cevherin çoğunlukla kuvars (% 52.2 SiO₂) ve baritten (% 17.1 Ba), ayrıca daha az miktarlarda pirit, antimonit, sfalerit, fahlerz ve zinkenit gibi sülfid minerallerinden oluştuğunu göstermektedir (Tablo 2 ve Şekil 3). Cevherde altın nabit olarak kuvars ve sülfid mineralleriyle ilişkili 1-88 μ m boyutlarında bulunmaktadır (Şekil 3a-f). Cevherin gümüş içeriğinin yüksek olmasına rağmen (220 gr/ton)

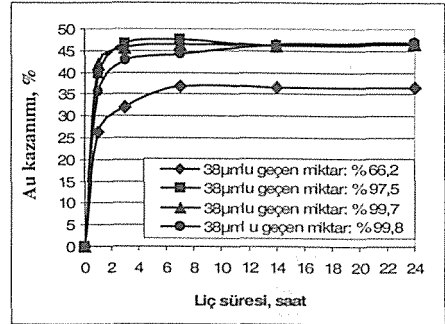
mikroskopta hiç gümüş minerali görülememiştir. Fakat gümüşün fahlerz, antimonit yada zinkenit içinde kapanım olarak bulunduğu düşünülmektedir.

3.2 Siyanür Liç Sonuçları

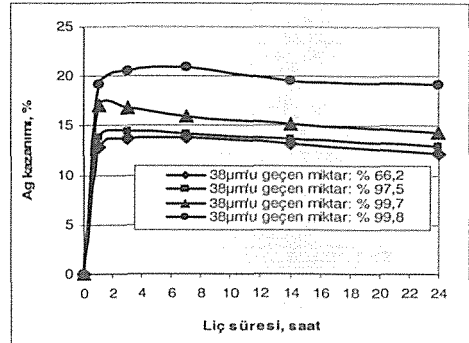
Akoluk cevherinin 24 saatlik siyanür liç test sonuçlarına göre, tane boyutunun azalmasıyla birlikte Au ve Ag kazanımında önemli bir artış gözlenememiş ve sınırlı metal kazanımları (% ≤ 47 Au ve % ≤ 19.2 Ag) elde edilmiştir (Şekil 4 ve 5). Au ve Ag kazanımının büyük bir kısmı liç süresinin ilk 1,5-2 saatlik sürelerinde gerçekleşmiş ve devam eden sürelerde verim artışı gözlenememiştir.

Liç testlerinde siyanür tüketimi (4,4-6,4 kg NaCN/ton cevher) tane boyunun azalmasıyla birlikte azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 6).

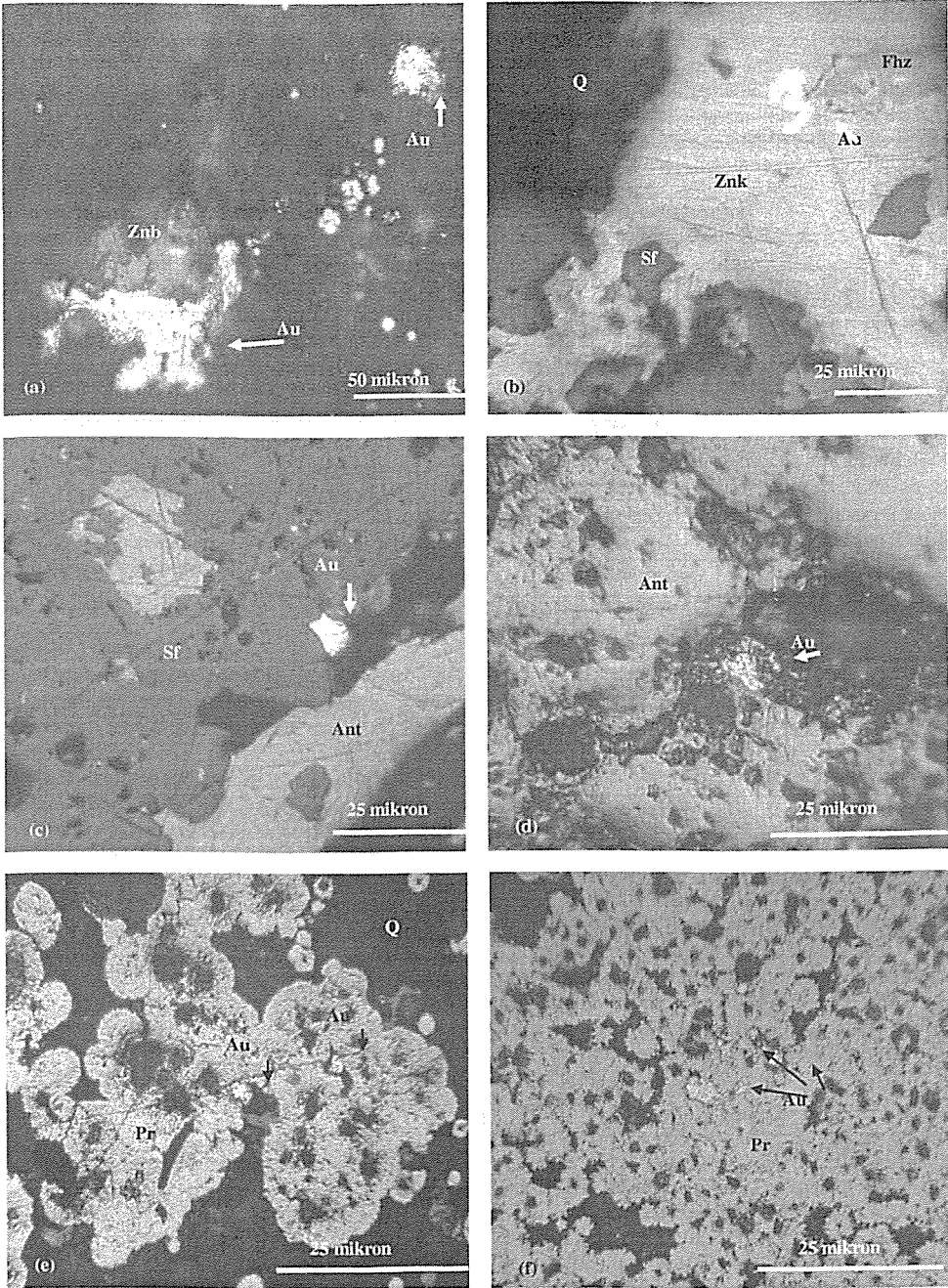
Liç testlerinden elde edilen düşük metal kazanımı sonuçları mineralojik analizle uyumluluk göstermektedir. Bu sonuçlar cevherin refrakter karakterli olduğunun iyi bir göstergesi olup, liç öncesinde uygun bir ön işleminin uygulanması gerektiğini zorunlu kılmaktadır.



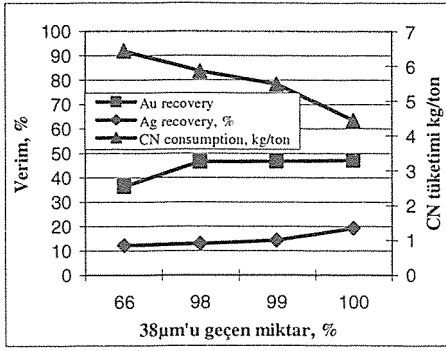
Şekil 4. Siyanür liçinde tane boyutunun Au kazanımı üzerine etkisi (1,5 gr/l NaCN).



Şekil 5. Siyanür liçinde tane boyutunun Ag kazanımı üzerine etkisi (1,5 gr/l NaCN).



Şekil 3. Cevherde altın tanelerinin bulunuşu ve diğer minerallerle ilişkisi (a) Kuvars içerisinde zinober ile birlikte Au taneleri; (b) Kuvars içerisinde fahlerz ve zinkenit ile birlikte Au tanesi; (c,d) Antimonit ve sfalerit ile birlikte Au tanesi (e,f) Pirit içerisinde Au taneleri (Au: Altın; Pr: Pirit; Sf: Sferit; Q: Kuvars; Znb: Zinober; Znk: Zinkenit; Fhz: Fahlerz; Ant: Antimonit).



Şekil 6. Siyanür liçinde tane boyutunun Au ve Ag kazanımı üzerine etkisi ve siyanür tüketimi değişimi (1,5 gr/l NaCN, Liç süresi: 24 saat).

5 SONUÇLAR

Akoluk cevherinin mineralojik analiz sonuçları altının çoğunlukla kapanım halinde, pirit, fahlerz, antimonit, zinkenit gibi diğer sülfid mineralleriyle birlikte bulunduğunu göstermiştir.

Siyanür liç testleri sınırlı Au (% ≤47) ve Ag (% ≤19.2) kazanımlarıyla sonuçlanmıştır. Öğütmenin liç verimi üzerinde olumlu bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu düşük kazanımlar siyanürün kapanım halinde bulunan Au ve Ag mineralleriyle yeterince temasının sağlanmamasında ileri geldiğinin bir göstergesidir.

Mineralojik bulgularla uyumluluk gösteren bu liç sonuçları cevherin refrakter karakterli olduğunu ve liç öncesi uygun bir ön işlemin uygulanması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda, cevherin refrakterlik nedenlerinin anlaşılmasından sonra uygun bir ön işlem sonrasında kazanılabilirliğinin araştırılması öngörülmektedir.

6 BİLGİLENDİRME

Yazarlar numunelerin sağlanmasında gösterdiği yardımlarından dolayı Yüksek Mühendis Hüseyin YILMAZ'a ve MTA'ya teşekkürlerini borç bilir.

KAYNAKLAR

- Alp, İ., Celep, O., Tüysüz, N., Vıçıl, M. ve Lermi, A., 2003, Mineralojik yapının cevher zenginleştirme işlemine etkisi: Mastra ve Kaletaş (Gümüşhane) Altın Cevherleri Üzerine Örnek Çalışma, Proceedings of 18th International Mining Congress, ed. by G. Özbayoğlu, Chamber of Mining Engineers of Turkey, Antalya, s.147-153.
- Aslaner, G. ve Ottemann, J., 1971; Native Gold Appearance occurred in Toktaş Zinkenite veins, MTA (General

- Directorate of Mineral Research and Exploration), Ankara, yayınlanmamış.
- Browner, R.E. ve Lee, K. H., 1998; Effect of Pyrrhotite Reactivity on Cyanidation of Pyrrhotite Produced by Pyrolysis of A Sulphide Ore, *Minerals Engineering*, 11, 9, 813-820.
- Costa, M.C., 1997; Hydrometallurgy of gold: New perspectives and treatment of refractory sulphide ores, *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 63, 63-72.
- Deschenes, G. ve Wallingford, G., 1995; Effect of Oxygen and Lead Nitrate on the Cyanidation of a Sulphide Bearing Gold Ore, *Minerals Engineering*, 8,8, 923-931.
- Deschenes, G., Lacasse, S. ve Fulton, M., 2003; Improvement of Cyanidation Practice at Goldcorp Red Lake Mine, *Minerals Engineering*, 16 503-509.
- Deschenes, G., McMullen, J., Ellis, S., Fulton, M. ve Atkin, A., 2005; Investigation on the Cyanide Leaching Optimization for the Treatment of KCGM Gold Flotation Concentrate-phase-1, *Minerals Engineering*, 18, 832-838.
- Dunn, J.G., Chamberlain, A.C., 1997; The recovery of gold from refractory arsenopyrite concentrates by pyrolysis-oxidation, *Minerals Engineering*, 10, 9, 919-928.
- Iglesias, N., Carranza, F., 1994; Refractory gold-bearing ore: A review of treatment methods and recent advances in biotechnological techniques, *Hydrometallurgy*, 34, 383-395.
- La Brooy, S.R., Linge, H.G. ve Walker, G.S., 1994; Review of Gold Extraction from Ores, *Minerals Engineering*, 7, 10, 1213-1241.
- MTA, 1993; Türkiye Altın-Gümüş Envanteri, No:198, Ankara
- Petruk, W., 1989; Recent progress in mineralogical investigations related to gold recovery, *Minerals Engineering*, 32, 37-39.
- Roshan, B.B., 1990; Hydrometallurgical Processing of Precious Metal Ores, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 6, 67-80.
- Rubisov, D.H., Papangelakis, V.G. ve Kondos, P.D., 1996; Fundamental Kinetic Models for Gold Ore Cyanide Leaching, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 35, 4, 353-361.
- Sinadinovic, D., Kamberovic, Z. ve Vakanjac, B., 1999; Refractory Gold Ores, Characteristics and Methods of Their Processing, VIII. Balkan Mineral Processing Conference Proceedings, pp. 411-418.
- Tanrıverdi, M., Mordoğan, H. ve İpekoğlu, Ü., 2005; Leaching of Ovacık Gold Ore with Cyanide-Thiourea and Thiosulfate, *Minerals Engineering*, 18, 363-365.
- Ubal dini, S., Fornari, P., Massidda, R. ve Abbruzzese, C., 1998; An Innovative Thiourea Gold Leaching Process, *Hydrometallurgy*, 48, 113-124.
- Ubal dini, S., Massidda, R. ve Abbruzzese, C., 1994; Factorial experiments in the study of a biooxidative treatment for a conventional cyanidation of a Turkey arsenical gold ore, Proc. of the 5th Int. Mineral Processing Symposium, 6-8 Eylül, Kapadokya, Türkiye, s.403-410.
- Ubal dini, S., Massidda, R., Abbruzzese, C., Veglio, F. ve Toro, L., 1996; Gold Recovery from Finely Disseminated Ore by Use of Cyanidation and Thiourea, Changing Scopes in Mineral Processing-Balkema, s.559-562.
- Yaylalı, G., 2000; Geology, geochemistry and hydrothermal alteration of Akoluk (Ulubey - Ordu) epithermal gold mineralization, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 150 sayfa.



Siyanür Bozunma Hızının Fuzzy Lineer Uzaylarındaki (FLU) Bir Modellemesi

H. Keleş

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Matematik Bölümü, Trabzon

E. Y. Yazıcı & H. Deveci, İ. Alp, A. Kesimal

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada atık sularındaki siyanür bozunması hız sabiti parametre olarak alınarak H_2O_2 , $CuSO_4$, ve sıcaklık ($^{\circ}C$) arasında kuadratik fonksiyonlar elde edildi. Bu kuadratik fonksiyonlar lineer bir yüzeye taşındı. Daha sonra lineer yüzeydeki bu yapı fuzzy lineer uzaylarına aktarıldı. Bu uzayda k bozunma hızı için bazı ilginç sayılara ulaşıldı. Bunlar içerisinde $L = \{0,1\}$ alındığında başlangıçta çalışılan kuadratik denklemleri sağladığı görüldü. $|L|=8$ için bu uzayın olay matrislerinin öz değerlerinin sayısı ve bu öz değerlere karşılık gelen öz vektörlerinin sayısı ortaya konuldu.

ABSTRACT: In this study the kinetic constants of some parameters (H_2O_2 , $CuSO_4$ and temperature ($^{\circ}C$)) on the removal of cyanide from waste waters were used and quadratic functions were calculated. These functions transferred to the linear and then fuzzy linear spaces. We found some numbers for kinetic constants of cyanide removal in the fuzzy linear spaces. For $L = \{0,1\}$ the data were found to be consistent with the quadratic functions. Eigenvalues and eigenavectors of incident matrice of this space were found for $|L|=8$.

1 GİRİŞ

Siyanür, cevherlerden altın/gümüş kazanımında en çok tercih edilen kimyasaldır. Siyanürün zehirli olması nedeniyle arıtılması zorunludur. Siyanür liçi sonucunda açığa çıkan atık çözeltilerin siyanür içeriği doğal bozundurma ve/veya kimyasal bozundurma yöntemleriyle kabul edilebilir değerlere düşürülebilmektedir. Hidrojen peroksit, kuvvetli oksitleyici özelliği sebebiyle siyanürün oksitlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Serbest siyanürün H_2O_2 ile oksitlenmesi sonucu zehirliliği serbest siyanüre göre çok düşük olan siyanat (OCN^-) oluşmaktadır:



Siyanat, ileri reaksiyonlarda amonyum (NH_4^+) ve karbonata (CO_3^{2-}) hidrolize olmaktadır. Katalizör olarak genellikle bakır (Cu^{+2}) tercih edilmektedir. Yazıcı (2005), yaptığı çalışmada serbest siyanürün H_2O_2 ile oksitlenmesini etkileyen bazı değişkenleri (H_2O_2 (mg/lit) ve $CuSO_4$ (mg/lit), sıcaklık ($^{\circ}C$)) incelemiştir. Yazıcı (2005)'de elde edilen siyanür bozunma hız sabiti verileri (k (dk^{-1})= $k_{gerçek} \times 10^2$), Keleş (2004; 2005; 2006)'daki gibi $S = (N, D)$ fuzzy lineer uzaylarındaki (FLU) üçlü yapı üzerinde geniş bir alanda incelendi. Basit anlamda bu

verilerin korunduğu görüldü. $|L|=8$ için siyanür bozunma hızının öz vektörlerinin sayısı bulundu.

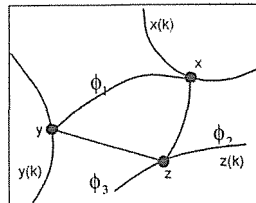
2 BULGULAR ve TARTIŞMA

Burada; $N = \{x_{\alpha}(k), y_{\alpha}(k), z_{\alpha}(k)\}$,

$D = \{\phi_1, \phi_2, \phi_3\}$ ve $L = \{0, a_1, \dots, a_n, 1\}$. $L = \{0,1\}$ için;

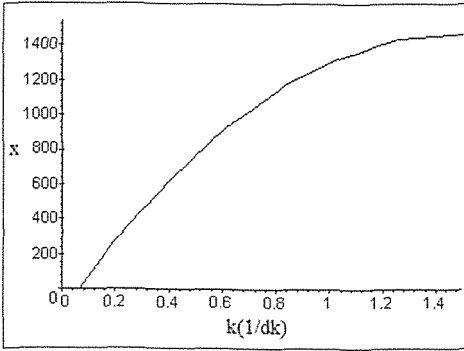
$$\begin{matrix} \phi_1 & \phi_2 & \phi_3 \\ x_{\alpha}(k) & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\ y_{\alpha}(k) & \\ z_{\alpha}(k) & \end{matrix}$$

Şekil 1'de Siyanür bozunma hızının lineer uzaylardaki hareketi sunulmuştur.

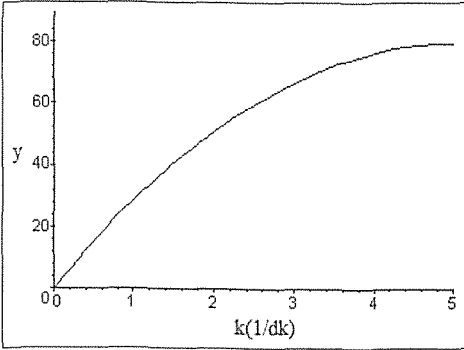


Şekil 1. Siyanür bozunma hızını lineer uzaylardaki hareketi (x: $[H_2O_2]$, y: $[CuSO_4]$, z: sıcaklık ($^{\circ}C$))

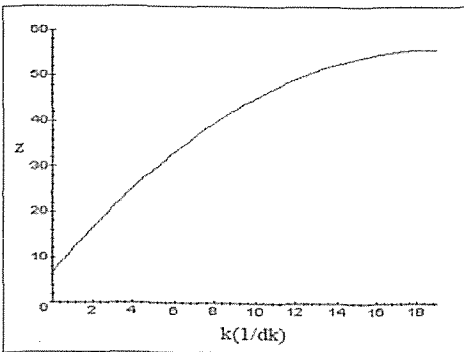
$k = 1.4582$, $k = 5.0226$ ve $k = 18.823$ için maksimum değer $x(1.4582) = 1441.8$ mg/l (Şekil 2), $y(5.0226) = 79.643$ mg/l (Şekil 3), $z(18.823) = 55.903$ °C olarak bulundu (Şekil 4).



Şekil 2. H₂O₂ (mg/l)-k için kuadratik fonksiyon

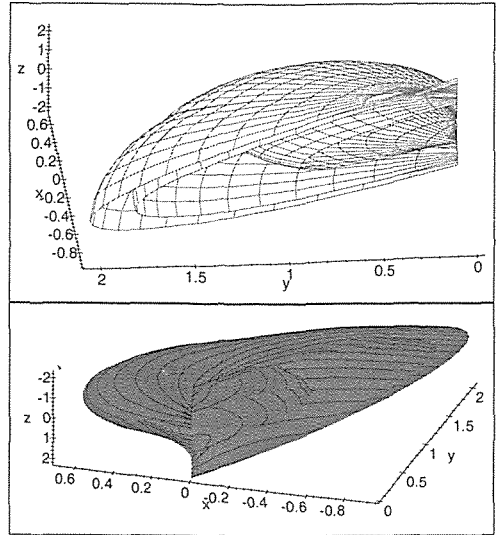


Şekil 3. CuSO₄ (mg/l)-k için kuadratik fonksiyon



Şekil 4. Sıcaklık (°C) (mg/l)-k için kuadratik fonksiyon

Üç parametrenin birlikte kullanıldığı denklem tek bir yüzeye aktarıldı (Şekil 5). Bu yüzey üzerinde H₂O₂ (mg/l)=1500, CuSO₄ (mg/l)=70 ve sıcaklık (°C)=45 olduğunda $k_{ortak} = 1.595$ dk⁻¹ olarak hesaplandı.



Şekil 5. Lineer uzaydaki siyanür bozunma hızı

Eğer $x(k)$ kuadratik fonksiyonu ϕ_1 üzerinde ise $\phi_1(x_\alpha(k)) = I$, aksi halde $\phi_1(x_\alpha(k)) = 0$ Siyanür bozunma hız sabitlerinin kümesi: C_n olmak üzere θ yörüngedeki pozisyon vektörü:

$$k \in C_n, \quad \frac{dr_\alpha}{dt} = V_\alpha(k), \quad \frac{d^2r_\alpha}{dt^2} = a_\alpha(k)$$

Pozisyon vektörünün hareketine bakarak yönünün; $\nabla r_\alpha(t) = \langle x'_\alpha(k), y'_\alpha(k), z'_\alpha(k) \rangle$, $k \in C_n$ için olduğu görülür. Bu hareket bu yönde maksimum; $\|\nabla r_\alpha(t)\|$.

$S = (N, D)$ bir fuzzy lineer uzayı için;

$$|S| = \prod_{j=1}^{|D|} (|L| - 1)^{v_j}, \quad v_j = \{x | d_j(x) \neq 0, x \in N\}.$$

Delaysıyla $|D| = 3$ olduğundan bu uzayların sayısı;

$$|S| = \prod_{j=1}^3 (n+1)^2 = (n+1)^6 \text{ olarak bulunur.}$$

$L = \{\theta, \alpha, \beta, \gamma, \xi, \tau, \varepsilon, I\}$ için karakteristik matris:

$$A - (\theta, \alpha, \beta, \gamma, \xi, \tau, \varepsilon, I_L) I_{3 \times 3} = 0' \text{ dir.}$$

Bu karakteristik matrisin polinomu ise:

$$P(\lambda) = -\lambda^3 + \lambda^2(\alpha + \gamma) + \lambda(\tau\xi - \alpha\gamma + \beta\varepsilon) - \beta\varepsilon\gamma - \alpha\tau\xi = 0$$

$$\lambda^3 + \lambda^2(-(\alpha + \gamma)) + \lambda(-\tau\xi - \alpha\gamma + \alpha\gamma + \beta\varepsilon) + \beta\varepsilon\gamma - \alpha\tau\xi = 0$$

$$k = \frac{\alpha + \gamma}{3}, \quad \lambda = y + \frac{\alpha + \gamma}{3}, \quad \lambda = y + R$$

$$y^3 + p.y + q = 0$$

$$p = \left[(\alpha\gamma + \tau\xi - \beta\varepsilon) - \frac{(\alpha + \beta)^2}{3} \right] = \frac{\alpha^2 + \alpha\gamma + \gamma^2 + 3(\tau\xi + \beta\varepsilon)}{3}$$

$$q = \beta\varepsilon\gamma + \alpha\tau\xi + \frac{(\alpha + \gamma)(\alpha\gamma - \tau\xi - \beta\varepsilon)}{3} - \frac{2(\alpha + \gamma)^3}{27}$$

$$y = u + v, \quad u^3 = M, \quad v^3 = N$$

$$j = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i, \quad j^2 = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$$

$$u_1 = \sqrt[3]{M}, \quad u_2 = j\sqrt[3]{M}, \quad u_3 = j^2\sqrt[3]{M}$$

$$v_1 = \sqrt[3]{N}, \quad v_2 = j\sqrt[3]{N}, \quad v_3 = j^2\sqrt[3]{N}$$

$$y_1 = u_1 + v_1 = \sqrt[3]{M} + \sqrt[3]{N}$$

$$y_2 = u_2 + v_2 = j\sqrt[3]{M} + j^2\sqrt[3]{N}$$

$$y_3 = u_3 + v_3 = j^2\sqrt[3]{M} + j\sqrt[3]{N}$$

Siyanür bozunmasının öz değerleri $\lambda = \lambda(\alpha, \gamma, \beta, \tau, \varepsilon, \xi)$ 'dir. Öz değerlerinin sayısı: $\lambda_i(\alpha, \gamma, \beta, \tau, \varepsilon, \xi)$, $i=1, 2, 3$. Her bir S için üç tane öz vektör olduğundan $\vec{u} = k_i(\alpha, \gamma, \beta, \tau, \varepsilon, \xi)$, $i=1, 2, 3$ siyanür bozunmasının öz vektörlerinin sayısı $3 \times 4096 = 12288$ 'dir.

3 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada siyanür bozunma hız sabiti verileri lineer uzaya aktararak tek bir yüzeyde tanımlandı ve yüzey grafiği elde edildi. Daha sonra bu veriler fuzzy lineer uzayında (FLU) tanımlandı. Siyanür bozunmasına ait minimum ve maksimum hız sabiti fonksiyonlarının elde edilmesi daha detaylı çalışma gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Keleş, H., 2004. On The General Structure Of D-Dimensional Fuzzy Linear Spaces, International Workshop on Global Analysis, Çankaya Üniversitesi, Ankara, 15-17 Nisan.
- Keleş, H., 2005. On The D-Dimensional Fuzzy Linear Spaces, SampTa 05, Sampling Theory and Applications-International Workshop, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, 10-15 Temmuz.
- Keleş, H., 2006. On Some Numbers Related To The Differential Equation System Of D-Dimensional Fuzzy Linear Spaces (FLS), *Mathematical Methods in Engineering-International Symposium*, Çankaya Üniversitesi, Ankara, 27-29 Nisan.
- Yazıcı, E.Y., 2005. Atık Sulardaki Siyanürün Hidrojen Peroksit, Aktif Karbon Adsorpsiyonu ve Ses Ötesi Dalgalarla Uzaklaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.



Arsenik ve Çevre

T. Yılmaz, İ. Alp, H. Deveci & O. Celep

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

O. Üçüncü

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Trabzon

C. Duran

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü, Trabzon

ÖZET: Arseniğin toksikliği bilinmesine rağmen onun bileşikleri çeşitli endüstrilerde ticari olarak kullanılmaktadır. Arsenik sulu sistemlerde çeşitli oksidasyon şartları altında oluşur. Arsenitler (+3) orta dereceli indirgen şartlar altında baskınken arsenat (+5) türleri oksijenli sulara kararlıdır. Arseniğin toksikliği onun oksidasyon durumuna bağlıdır ve arsenit (+3) arsenat (+5)'dan daha toksiktir. Arseniğin küçük dozları bile uzun dönem mideye alınırsa hemen hemen tüm vücut sisteminde ciddi rahatsızlıklara neden olur. Birçok ülkede içme sularında maksimum izin verilebilir arsenik seviyesi 10 µg/L'dir. Arsenik genellikle masif sülfid yataklarıyla birlikte bulunur. Arsenik yüklü cevherler işlendiği zaman atıklar arsenik içerebilir. Bu atıklar tipik olarak atık havuzlarında biriktirilir ve sıvı atık ya muamele sonrası yada muamele yapılmadan yüzey sularına boşaltılır. Bu yüzden kirlilik potansiyelini belirlemek ve laboratuvar testleri geliştirmek önemlidir. Bu çalışmada; arsenik, sağlık ve çevre açısından önemi ve arsenik uzaklaştırma yöntemlerinden kısaca bahsedilmiştir.

ABSTRACT: Despite the well-known toxicity of arsenic, its compounds are used commercially in various industries. Arsenic occurs in various oxidation states in aquatic systems. Arsenate species (+5) are stable in oxygenated waters while arsenites (+3) predominate under mildly reducing conditions. The toxicity of arsenic depends on its oxidation state and trivalent arsenic is more toxic than pentavalent arsenic. The long term intake of even small doses of arsenic could cause severe ill effects on nearly all bodily systems. In many countries the maximum level for total arsenic in potable waters is 10 µg/L. Arsenic is commonly associated with sulphide deposits. When arsenic-bearing ores are processed, tailings may contain arsenic. These tailings are typically stored on site in a tailings pond and the effluent is discharged to surface waters, either with or without further treatment. These tailings are typically stored on site in a tailings pond and the effluent is discharged to surface waters, either with or without further treatment. It is important to identify the potential contaminant and develop a specific laboratory test. In this study, about speciation of arsenic in aqueous environments, environmental occurrence of arsenic, toxicity of arsenic and health effects and methods of arsenic removal was informed.

1 GİRİŞ

Arsenik ve onun bileşiklerinin kullanımı ve üretimlerindeki çevresel kısıtlamalara rağmen onlar hala metalurji, tarım, orman endüstrisi, elektronik sanayi, eczacılık, cam ve seramik endüstrisinde kullanılmaktadır (Altundoğan ve ark., 2000).

Arsenik, sarı ve metalik arsenik olmak üzere iki farklı kristal formda bulunur. Yoğunluğu oldukça düşük (3,9 g/cm³) olan sarı arsenik; yarı kararlı, aşırı uçucu ve kolayca metalik forma indirgenebilir. Metalik formu, kalay beyazı bir mineraldir ve kolay bir şekilde koyu gri renge kararır. Metalik arseniğin

yoğunluğu 5,73 g/cm³'tür. Çok parlaktır ve ısıyı iyi iletir fakat elektrik iletkenliği zayıftır. Doğal arsenik doğada yaygın olarak bulunmaz (Url-1, 2006).

En önemli arsenik cevherleri sülfidlerdir ki arsenik sülfidler (As₂S₃, As₄S₄ ve FeAsS) hemen hemen her zaman diğer metal sülfidlerle birlikte bulunur. Arsin, zehirli bir gazdır, arseniğin hidrojen formudur ve yalnızca aşırı indirgen şartlar altında mevcuttur. Arsenik trioksit (As₂O₃), saydam bir kristal veya beyaz toz halindedir ve suda az çözünür. Arsenik pentoksit (As₂O₅), beyaz şekilsiz bir katıdır ve suda çok iyi çözünür (Url-1, 2006).

Arsenik yok edilemez fakat diğer elementlerin varlığında çözünmez bileşiklere çevrilebilir veya farklı formlara dönüştürülebilir. Bu yüzden içme sularından arsenik uzaklaştırılması için yeni ve etkili metotlar geliştirmek gereklidir. Şimdilerde içme sularından arsenik uzaklaştırılması için çöktürme, adsorbsiyon, iyon değişimi ve membran teknolojilerine dayalı çeşitli metotlar önerilmektedir (Guenegou ve ark., 1998; Flocha ve Hideg, 2004; Shih, 2005).

Dünyada ve Türkiye’de arsenik uzaklaştırılması üzerinde yapılan çalışmalara bir kaç örnek verecek olursak; Elizalde-Gonzalez ve ark., (2001) klinoptilolit içeren kayalar, arsenit (H_3AsO_3) ve arsenat ($H_2AsO_4^-$) türlerinin sulu çözeltilerden uzaklaştırılması için kullanmışlardır.

Kundu ve ark., (2004) sertleştirilmiş macunlu portlant çimento ile sudan arsenik uzaklaştırmışlardır.

Boksit cevherlerinin atık ürünü olan kırmızı çamur, arsenik uzaklaştırmada adsorbent olarak kullanılmıştır. Batch deneyleri sonucunda, kırmızı çamurla sulu çözeltilerden arsenik uzaklaştırılabileceği görülmüştür (Altundoğan ve ark., 2000).

Katsiyannis ve Zouboulis (2004) arsenik (III ve V) uzaklaştırılmasında biyolojik proseslerden yararlanmışlardır. Proseste bakteriler (*Gallionella ferruginea* ve *Leptothrix ochracea*) kullanılmıştır.

Dünyada 50 milyondan fazla insan arsenikli suların etkilenmektedirler. Arsenik zehirlenmelerine maruz kalan en iyi bilinen bölge Bangades’tir. 3 milyon insan içme sularında 1000 ppb’den daha büyük konsantrasyonlara maruz kalmaktadır. İçme sularındaki yüksek seviyelerdeki As uzun süre maruz kalan ülkelerde yapılan çalışmalarda her 10 kişiden birinin kanser olduğu tespit edilmiştir (Martinez, 2004).

Güney Kalküta’da bakır asetoarsenit üreten bir fabrikanın yakınında yaşayan 17 ailenin 53 üyesinde (% 67), arsenikle kirlenmiş suyun kullanılmasına bağlı olarak kronik arsenik zehirlenmesi ortaya çıkmış; yapılan ölçümlerde yüzeysel kuyu sularındaki arsenik düzeyinin 5-58 mg/L (ppm) arasında olduğu saptanmıştır (Yılmaz ve Ekici, 2004).

Türkiye’de çok önemli bor yataklarına sahip olan ve yaklaşık 25 bin kişinin yaşadığı Emet ilçe merkezinde şebeke suyundan alınan örneğin analizinde, sudaki arsenik miktarının 0,547 mg/L olduğu, bu miktarın, Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) 0,010 mg/L olan değerine göre yaklaşık 55 kat olduğu belirlenmiştir. Bu su kaynaklarındaki As kirliliğinin çevredeki kolemanit (Bor) yataklarında

bulunan Realgar (As_2S_2) ve Orpiment (As_2S_3) gibi arsenikli minerallerle ilgili olabileceği düşünülmüştür. Emet Belediyesi 2001 yılında analizler sonucu, içme suyu olarak kullanımını yasaklamıştır (Oruç, 2004).

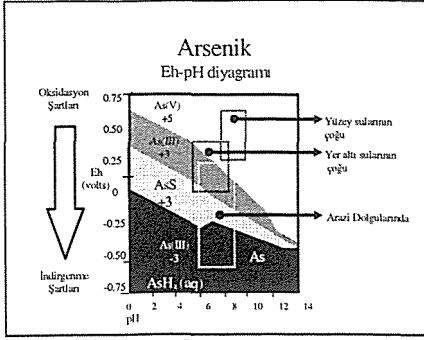
Bergama-Ovacık içme suyu kaynağında yapılan tahliller sonucunda normalin 25 katı fazla arsenik olduğu belirlenmiştir. Atık barajında biriktirilen ağır metaller ve toksik kimyasallar tüm engelleri aşarak toprağa sızmakta ve yer altı sularını kirlilemektedir. Barajda toplanan siyanür, arseniği açığa çıkarmakta bu da sulara karışmaktadır. İçerisinde arsenik bulunan suyu tüketen insanlarda ciddi sağlık sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır (Ur1-2, 2006).

Bu örneklerle baktığımızda altın ve bor mineralleri bulunan yerlerde arsenik kirliliği olma olasılığında söz edebiliriz. Ayrıca Türkiye’de oldukça fazla bakır yatağı bulunmaktadır. Ve bakır yataklarında arsenik mineralleri mevcuttur. Bu cevherler işletilirken yine atık su yeraltı suyuna karışabilir ve suları kirlilebilir.

Doğal dengeyi bozan kirleticiler arasında yer alan arsenik, gerek doğada serbest halde bulunabilmesi ve gerekse canlı yapıda oluşturduğu değişik toksik etkileri nedeniyle insan ve hayvan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle içme sularındaki izin verilebilir As miktarı her ülkede düzenlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme ve kullanma sularında 10 $\mu\text{g/L}$ ’ye kadar arsenik bulunabileceğini, 50 $\mu\text{g/L}$ ’den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir. Amerika’da çevre koruma acentası, 1992’de içme sularındaki maksimum arsenik seviyesini 50’den 10 $\mu\text{g/L}$ ’ye düşürmüştür (Clara ve Magalhães., 2002). Yine Avrupa ve Türkiye’de de aynı şekilde 10 $\mu\text{g/L}$ ’dir.

2 SULU ORTAMLARDA ARSENİK TÜRLERİ

Arsenik, periyodik tablonun 5A grubundan bir elementtir. Elektronik konfigürasyonu $3d^{10} 4s^2 4p^3$ şeklinde olup, -3, 0, +3 ve +5 şeklinde çeşitli oksidasyon durumları mevcuttur. Fakat çoğunlukla +3 ve +5 şeklinde mevcuttur. Başlıca iki kararlı oksidasyon durumlarından oluşur: Arsenat (+5) ve Arsenit (+3). Arsenat (+5) oksidasyon şartları altında H_3AsO_4 , $H_2AsO_4^-$, $HAso_4^{-2}$ ve AsO_4^{-3} formlarını içerir. Arsenit (+3) formları H_3AsO_3 , $H_2AsO_3^-$, $HAso_3^{-2}$, AsO_3^{-3} , $HAso_2^{-2}$ içerir ve indirgenmiş şartlar altında baskındır. As (-3) formu yalnızca aşırı indirgen şartlarda oluşur (Ur1-3, 2006).



Şekil 1. Arseniğin Eh - pH diyagramı (Khan, 2001).

3 ARSENİĞİN SAĞLIK ETKİLERİ VE TOKSİKLİK

Şimdilerde dünyadaki birçok ülkede yeraltı suları, milyonlarca insanın sağlığını tehdit etmektedir (Bhaumik ve ark., 2004).

Arsenik yaşam için önemli nadir bir elementtir. Fakat yüksek konsantrasyonu toksik etki yapabilir (Martinez, 2004). Arseniğin toksikliği onun kimyasal formuyla yakından ilgilidir. Arsenit arsenattan 60 kat, metillenmiş türlerden 70 kat daha toksiktir (Kundu ve ark., 2004). İnorganik arsenik proteinlerdeki sülfhidril gruplarla birleşebilir ve insan vücudunda birikebilir. Arsenitin proteinlere ilgisi arsenattan daha yüksektir.

İnorganik arseniğin toksikliği metilleme ile azaltılabilir. Metilleme prosesinde, inorganik arsenik daha az toksik olan metal arseniğe dönüştürülür (Fujimoto, 2001). Arsenik zehirlenmelerinde antidot olarak sulu ferrus oksit kullanılabilir (Reddy, 2004).

Arseniğin sağlık etkilerinin, dozajına ve maruz kalma süresine bağlı olduğu düşünülmektedir. Diyare ve kramp gibi spesifik olmayan gastrointestinal etkiler; anemi ve beyaz kan hücrelerinin sayısındaki azalma gibi hematolojik etkiler ve çevresel nöropati gibi etkiler haftalar veya aylar sonra arseniğin yüksek dozajlarına maruz kaldığında ortaya çıkabilir (0,04 mg/kg/gün).

Kronik arsenik mazuriyeti spesifik dermal etkilere yol açabilir. Arseniğin, 6 ay-3 yıl yüksek dozajlarda (0,04 mg/kg/gün veya 40µg/kg/gün) veya 5-15 yıl düşük dozlarda (0,01 mg/kg/gün) mideye alınımı ile yaygın veya lekeli hiperpigmentasyon görüldüğü rapor edilmiştir. İnorganik arsenik ağızdan yüksek dozlarda alındığında (>60mg/L) ölümle sonuçlanabilir (Url-4, 2001). En fazla etkilenen organlar; sindirim sistemi, dolaşım sistemi, karaciğer, böbrek, sinir sistemi ve diğer hassas dokular ve kalp'tir (Duker, 2005).

Önemli bir konuda inorganik arseniğin solunmasıyla akciğer kanser riskinin artmasıdır. Bu etki özellikle madenlerde, kimyasal fabrikalarda arseniğe maruz kalan işçilerde şiddetli olur. Fakat bunun yanında madenler ve kimyasal fabrikaların yakınında yaşayanlarda da bu etki görülmektedir (Url-1, 2006).

Organik arsenik bileşiklerinin insanlar üzerine etkileri ile ilgili çok sınırlı veriler vardır. Hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar (Url-1, 2006), metil ve dimetil gibi organik arsenik bileşiklerinin inorganik arsenik bileşiklerinden daha az toksik olduğunu göstermiştir.

4 ARSENİK VE ÇEVRE

Arseniğin başlıca antropojenik kaynakları; pestisitler, bitki desikantları, kümes hayvanları yem katkıları ve ilaçları, kömür ve petrol, maden atıkları ve izabe işlemleri ve deterjanlardır .

Yaygın olarak kullanılan deterjanlardaki arsenik konsantrasyonu bazen 10-70 mg/kg civarında olabilir (Moore ve Ramamorthy, 1984). Ayrıca tabiatta bulunan FeAsS, As₂S₃, AsO₂, FeAs₂ ve As₄S₄ minerallerinin alıcı ortamlar için arsenik kaynağı oluşturduğu belirtilmektedir (Altundoğan, 1995). Çoğu antropojenik kirleticiler nehirlere, göllere ve okyanuslara ulaşır.

Arseniğin çevreye atılması, cevherlerin kavrulması ve izabesi, fosil yakıtların yanması, maden atıklarının liçi ve toprak erozyonu ile meydana gelmektedir. Tabii proseslerden doğan arseniğin karalardan okyanuslara taşınımı, hava etkisiyle ve volkanik hareketlerle olur.

Arsenik çevrede başlıca su ile taşınır. Oksijen zengin sulara arsenik genellikle arsenatlar halinde bulunur. Fakat indirgen şartlarda ve derin bölgelerde arsenitler daha hakimdir (Altundoğan, 1995). Hidrosfer ve litosferdeki doğal As konsantrasyonları Tablo 1-2'de gösterilmiştir (Martinez, 2004).

Tablo 1. Litosferdeki doğal As konsantrasyonları

Litosfer (mg/L)				
Bazalt	Granit	Kalker	Kil	Toprak
1.5	1.5	1	13	0.1-40

Tablo 2. Hidrosferdeki doğal As konsantrasyonları

Hidrosfer (µg/l)				
Yağmur suyu	Deniz suyu	Yeraltı suyu	Nehirler	Göller
1-5	1-5	1-25	1-25	1-50

Su ekosisteminde olduğu gibi, oksijen zengin topraklarda inorganik arsenik beş değerlikli halde

bulunur. İndirgen şartlarda ise genellikle üç değerlikli haldedir.

Arsenik içeren çeşitli endüstriyel arsenik kaynakları ve yaklaşık arsenik konsantrasyonları Tablo 3'de görülmektedir (Altundoğan, 1995).

Tablo 3. Çeşitli endüstriyel arsenik kaynakları ve yaklaşık arsenik konsantrasyonları (Altundoğan, 1995).

Kaynak	Çözünmüş Arsenik, mg/l
Altın üretimi	10-130
Madencilik atık suları	2-20
Hidrometalurjik bakır üretimi	0-19
Elektrolit bakır saflaştırma	0-51
Çinko üretimi	0-1
Odun ürünlerinin korunması	13-50

5 ARSENİK ARITMA TEKNOLOJİLERİ

İçme sularındaki arsenik konsantrasyonları çeşitli standartlarla sınırlanmakla beraber dünyanın çeşitli bölgelerindeki bazı yüzey ve içme suları bu konsantrasyon seviyelerinin çok üzerinde arsenik içermektedir. Bununla birlikte alıcı ortamlara deşarj edilen bazı endüstriyel atık sular da önemli miktarlarda arsenik içerebilmektedir. Bu nedenle arsenik içeriği yüksek içme sularından ve atık sularında arsenik uzaklaştırılma ihtiyacı doğmaktadır.

Biyolojik arıtma yöntemleri ile giderimleri mümkün olmayan metallerin atık sudan gideriminde iyon değişimi, ters osmoz, adsorpsiyon, elektrodializ, çözücü ekstraksiyonu, kimyasal çöktürme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde iyon değişimi, kimyasal çöktürme, membran prosesleri ve çözücü ekstraksiyonu özellikle düşük metal içeriğine sahip atık sular için pahalı ve yetersiz olmaktadır. Kimyasal çöktürme metal gideriminde sıklıkla tercih edilmekle birlikte büyük alan gereksinimi, çamur susuzlaştırma işlemine gerek duyulması, prosesin ustalık istemesi ve çoklu havuz konfigürasyonuna gerek duyulması gibi dezavantajlara da sahiptir (Zhou ve ark., 1999). Adsorpsiyon yöntemi ile metal giderimi ise, uygun ve etkili bir yöntem olmakla beraber adsorban olarak kullanılan materyallerin bazılarının pahalı oluşu nedeniyle çok yaygın olarak kullanılamamaktadır.

Son yıllarda metal gideriminde kullanılabilecek etkin, temin edilmesi kolay, bol bulunabilen, doğal nitelikli materyallerin, çeşitli endüstriyel yan ürünlerin kullanım olanakları araştırılmıştır. Örneğin, alüminyum fabrikası katı atığı (kırmızı çamur) ve zeolit gibi materyaller çeşitli araştırmacılar tarafından atık sudan arsenik gideriminde adsorban olarak denenmiş ve bu materyaller kullanılarak etkin olarak arsenik gideriminin mümkün olabileceği belirlenmiştir (Bilgin ve ark., 2003).

Uygulanan bazı arsenik uzaklaştırma teknolojilerinin avantaj ve dezavantajları Ek 1'de gösterilmiştir (Cumbal, 2004).

6 SONUÇLAR

Yeryüzünde bir element olarak doğal olarak oluşan arsenik çevrede yaygındır. As⁺³ türü As⁺⁵ den daha toksiktir. Arsenik türlerinin (As⁺³, As⁺⁵) doğal sularda dağılımı redoks potansiyeli ve pH şartlarına bağlıdır.

Arsenik diğer kaya tiplerinden çok genellikle sedimanter kayalarda bulunur ve genellikle masif sülfid yataklarıyla birlikte bulunur.

Arsenikten en fazla etkilenen organlar; sindirim sistemi, dolaşım sistemi, karaciğer, böbrek, sinir sistemi ve diğer hassas dokular ve kalp'tir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme ve kullanma sularında 10 µg/L'ye kadar arsenik bulunabileceğini bildirmiştir.

Dünyada önemli sağlık problemlerine yol açan maden atık sularındaki arsenik kirliliğinin giderilmesi için, yapılan çalışmaların ışığı altında daha sonraki çalışmalarla, atık suyundaki arseniğin 10 µg/L'ye kadar indirilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Altundoğan, H.S., Altundoğan, S., Tümen F., Bildik, M., 2000, Arsenic removal from aqueous by adsorption on red mud, Waste Management, 20, 761-767.
- Altundoğan, S., 1995, Bayer Prosesi Artığı Kırmızı Çamur Kullanılarak Sulu Ortamdan Arsenik Giderilmesi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Bhaumik, A., Samanta, S., Mal, N.K., 2004, Efficient Removal Bilgin, A., Baklaya, N., 2003, Atıksudan Kurşun Adsorpsiyonunda Koyun Yünü Kullanımı, Ekoloji Çevre Dergisi, 12, 1-4.
- Clara, M., Magalhães, F., 2002, Arsenic. An Environmental Problem Limited By Solubility, Pure Appl. Chem, 74, 1843-1850.
- Cumbal, L., 2004, Polymer- Supported hydrated Fe Oxide (HFO) Nanoparticles: Characterization and environmental applications, PhD. Thesis, Bethlehem.
- Doğan, M., Doğan, A. U., Çelebi, C., Barış, Y. L., 2005, Geogenic Arsenic and a Survey of Skin Lesions in the Emet Region of Kütahya, Turkey, International Society of the Built Environment, 14, 533-536.
- Duker, A.A., Carranza, E.J.M., Hale, M., 2005, Arsenic geochemistry and health, Environment International, 31, 631- 641.
- Elizalde-Gonzalez, M.P., Mattusch J., Wennrich, R., Morgenstern, P., 2001, Uptake of arsenite and arsenate by clinoptilolite-rich tuffs, Microporous and Mesoporous Material, 46, 277-286.
- Erkan Z.E., Akar, A., Savaş, M., 2003, Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Baraj atıklarının Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması, BAÜ Fen Bil. Enst. Derg., 5, 1.

Flocha, J., Hideg, M., 2004, Application of ZW-1000 membranes for arsenic removal from water sources, *Desalination*, 162, 75-83.

Fujimoto, M., 2001, The removal of Arsenic from drinking water by carbon adsorption, Michigan State University, Msc Thesis.

Guenegou, T., Tambute, A., Jardy, A., Caude, M., 1998, Elimination of arsenic traces contained in liquid effluents by chromatographic treatment, *Analisis* 26, 352-357.

Katsoyiannis, I.A., Zouboulis, A.I., 2004, Application of biological processes for the removal of arsenic from groundwater, *Water Research*, 38, 17-26.

Khan, B., 2001, Arsenic speciation, University of Miami, Dept. Civil, Architectural & Environmental Engineering.

Kundu, S., Kavalakatt, S.S., Pal, A., Ghosh, S.K., Mandal, M., Pal, T., 2004, Removal of arsenic using hardened paste of portland cement: batch adsorption and coloumn study, *Water Research*, 38, 3780-3790.

Martinez, F.A., 2004, Arsenic removal by gypsum.

Moore, J.W., Ramamoorthy, S., 1984, *Heavy Metals in Natural Waters*, Springer-Verlag, 4-27, Newyork.

Oruç, N., 2004, Emet-Kütahya Sularındaki Arsenik Düzeyi, Eskişehir Çevre Koruma Vakfı.

Reddy, P.G., 2004, Removal of arsenic from drinking water by iron oxide coated pumice stone, Department of Environmental Science and Engineering, The University of Texas, Msc Thesis.

Shih, M.C., 2005, An overview of arsenic removal by pressure-driven membran process, *Desalination*, 172, 85-87.

Url 1, 2006, www.clu-in.org

Url 2, 2006, www.istanbul.indymedia.org

Url 3, 2006, www.eta.lib.fsu.edu

Url 4, 2001, www.nap.edu

Yılmaz, O., Ekici, K., 2004, Van Yöresinde İçme Sularında Arsenikle Kirlenme Düzeyleri, Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi, 15, 47-51.

Ek 1. Uygulanan bazı arsenik uzaklaştırma teknolojilerinin avantaj ve dezavantajları (Cumbal, 2004).

Teknoloji	Metot	Avantajlar	Dezavantajlar
Sorpisyon	Aktif Alümina	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (V) uzaklaştırılması iyi • Yeterli kapasite • Nispeten tanınmış • Ticari olarak elde edilebilir • Ucuz materyal 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (III) uzaklaştırılması zayıf • pH ayarlaması gereklidir • Kullanılmış rejenerat problemi
	İyon Değişirme	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (V) uzaklaştırılması iyi • İyi tanımlanmış proses 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (III) uzaklaştırılması uygulanmaz • Rejenerasyon tortu problemi yaratır • Yüksek işletme ve bakım masrafları
	Demir Oksit kaplı kum	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (V) uzaklaştırılması iyi • Hızlı kinetikler • Ucuz sorbent materyal 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (III) için etkinlik çok az • Düşük uzaklaştırma kapasitesi • Rejenerasyon tortu problemi yaratır
	Granüler Ferrik Hidroksit	<ul style="list-style-type: none"> • As(V) ve As (III) uzaklaştırılması • İyi gelişmiş proses 	<ul style="list-style-type: none"> • Kullanılmış materyallerin bertarafı • İşlem esnasında ince tanelerin üretimi için geri gelen suyun sürekliliği • İşlenmemiş suyun demir içeriği kayda değerse tükanklık
	Sıfır Değerlikli Demir	<ul style="list-style-type: none"> • As(V) ve As (III) uzaklaştırılması 	<ul style="list-style-type: none"> • Uzaklaştırma prosesi yavaş • Demir liçi • Kullanılmış rejenerat problemi
Birlikte Çökeltme	Ferik Klorit	<ul style="list-style-type: none"> • As(V) ve As (III) uzaklaştırılması • Geniş uygulama kullanımları için iyi gelişmiş 	<ul style="list-style-type: none"> • pH hassas proses • Çeşitli kimyasal gereksinimleri • Proses eğitim ve disiplin gerektirir. • Kısa ve uzun dönemde toksik çamur oluşumu
	Alüminyum Sülfat	<ul style="list-style-type: none"> • As(V) uzaklaştırılması çok iyi • Büyük ölçekli uygulamalar için iyi gelişmiş teknoloji • Düşük kimyasal maliyetleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (III) uzaklaştırılması zayıf • pH hassas proses • Kısa ve uzun dönemde toksik çamur oluşumu • Küçük ölçekli uygulamalar için ekonomik olarak elverişli değil.
Membran	Ters Osmos	<ul style="list-style-type: none"> • As(V) uzaklaştırılması çok iyi 	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik (III) için etkinlik çok az • Seçici bir proses değil • Büyük hacimlerde atık üretimi • Pahalı proses
	Nanofiltrasyon	<ul style="list-style-type: none"> • Arsenik uzaklaştırılması iyi • Küçük ölçekli uygulamalar için uygulanabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • pH hassas proses • Kısa ve uzun dönemde toksik çamur oluşumu • Proses eğitim ve disiplin gerektirir.

Müzret (Artvin-Yusufeli) Kömürünün Yağ Aglomerasyonu İle Temizlenmesi

T. Uslu, E. Şahinoğlu, İ. Alp & H. Deveci
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Trabzon

ÖZET: Bu çalışmada, Müzret (Artvin-Yusufeli) kömürünün yağ aglomerasyonu ile temizlenebilirliği incelenmiştir. Müzret kömürü, gazyağı ile aglomerasyon işlemine tabi tutulmuştur ve kömür oranı, gazyağı oranı, yıkama suyu miktarı, kömür tane boyutu ve pulp pH'ı gibi parametrelerin aglomerasyon işlemine ve aglomerasyon işlemi sonucu elde edilen kömürün kalitesine etkileri belirlenmiştir. Müzret kömürünün yağ aglomerasyonu yöntemi ile önemli ölçüde temizlendiği, bir başka ifadeyle kül ve piritik kükürt içeriği düşük olan temiz kömür elde edildiği görülmüştür. Şöyleki, kuru bazda kül içeriği % 21,49 ve piritik kükürt içeriği % 5,26 olan Müzret kömüründen kül içeriği % 8,92 ve piritik kükürt içeriği % 0,78 olan temiz kömür, % 58,66 organik madde verimiyle elde edilmiştir.

ABSTRACT: In this study, cleaning of Müzret (Artvin-Yusufeli) coal by oil agglomeration was investigated. Müzret coal was subjected to agglomeration by kerosene. The effects of some parameters, such as, coal content, kerosene content, washing water amount, coal particle size, and pH of the pulp, on agglomeration process and quality of the coal. It was observed that, Müzret coal was cleaned considerably by oil agglomeration process. In other words, a clean coal with low ash and pyritic sulphur contents was produced. A clean coal with an ash content of 8.92 % and pyritic sulphur content of 0.78 %, was produced with a organic matter recovery of 58.66 % from Müzret coal with an ash content of 21.49 % and pyritic sulphur content of 5.26 %, on dry basis.

1 GİRİŞ

Dünya enerji kaynakları; fosil kaynaklar, yenilenebilir kaynaklar ve nükleer kaynaklar olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Konvansiyonel kaynaklar olarak adlandırdığımız organik (fosil) kaynakların büyük bir bölümünü (organik rezervin % 72'si) kömür oluşturmaktadır. Ancak kömürün gerek enerjide gerekse diğer alanlarda kullanımında çevre ve hava kirliliği açısından büyük problemler yaşanmaktadır. Özellikle çevre kirliliğine karşı duyarlılığın arttığı günümüzde, kömür kullanımı büyük engellerle karşılaşmaktadır (Boylu ve Ateşok, 1999). Gelişen yeni enerji teknolojileri ve çevre ile ilgili kaygılar, kömürün daha temiz bir yakıt olarak üretimini zorlarken, klasik metotlarla zenginleştirilemeyen düşük ranklı kömürlerin de daha yüksek verimlerle ve ekonomik olarak kazanımı için araştırmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, kömürün çevreye en az zarar verecek yöntemlerle üretilmesi ve tüketimi esnasında çevreye en az zararlı gaz çıkışı verecek şekilde hazırlanması şart olmuştur (Engin, 2002). Ayrıca kömür yandığında oluşan külün de çevreye zarar

vermeyecek düzeylere indirilmesi gerekmektedir (Güney vd., 1998). Türkiye, büyük kömür rezervlerine sahip olmasına karşın bu rezervlerin çoğunluğu, düşük kaliteli, yüksek kül, nem ve kükürt içeriğine sahiptir (Boylu ve Ateşok, 1999). %20'den az kül içeren linyitlerin toplam rezerv içindeki payı %3,73'tür. Toplam linyit rezervinin sadece %3,70'i %1'den az kükürt içerir. %20 den az nem içeren linyit oranı %15,14'tür. Isıl değeri 4000 kcal/kg'den fazla olan linyitlerin rezervdeki payı sadece %1,83'tür (ODTÜ, 1994). Bunun yanı sıra Türk linyitlerinin yumuşak karakterde olması nedeniyle, üretimleri, hazırlanmaları, taşınmaları ve depolanmaları sırasında çok miktarda ince kömür açığa çıkmakta ve bu ince kömür de değerlendirilememektedir (Boylu ve Ateşok, 1999). Kömürün uzun vadeli enerji kullanımında lider enerji kaynağı olmayı sürdürecektir olması ve gelişen teknolojiye paralel olarak üretimde artan toz kömür oranı, toz kömürün temizlenmesine ilginin artmasına sebep olmuştur. Bunun yanında, enerji kullanım maliyetlerinin düşürülme isteği, temiz kömüre olan talebi arttırmakta ve daha düşük küllü ve düşük kükürlü kömür üretimini teşvik etmektedir.

Bilindiği gibi toz kömürlerin temizlenmesi, iri boyutlu kömürlerin temizlenmesine göre 3-4 misli daha pahalı olmasına karşın, satış fiyatı da oldukça düşüktür. Bu nedenle de kömürün daha değerli olması ancak çok daha temiz bir yakıt haline gelmesi ile mümkün olmaktadır. Toz kömürün temizlenmesinde klasik metodlarla istenen verim ve kül oranlarına ulaşılmasında yaşanan sıkıntılar birçok yeni teknolojinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yeni teknolojilerin üzerinde durulmasının sebebi, kömür proseslerinde ortaya çıkan büyük miktarlardaki katı ve sıvı kirletici kaynakların ortaya çıkmasını sağlamak, daha yüksek enerji verimleri elde etmektir. Bunun yanında düşük kaliteli kömürlerin daha verimli olarak değerlendirilmesi düşüncesi de yeni teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir sebep olmuştur (Kemal ve Arslan, 1999).

Günümüzde, -0,5mm tane boyutunun altı olarak nitelendirilen ve değerlendirilemeyen toz kömürler, stoklanmakta ve ekonomiye kazandırılmayan atıl bir yatırım olarak kalmaktadır (Kılınç, 2000). Toz kömürlerin yakıt olarak kullanılmadan atılacak olmasının yanı sıra, son yıllarda artan çevre duyarlılığının getirdiği zorlamalar, toz kömürlerin atık olarak atılması konusunda engel teşkil etmektedir (Mehrotra vd., 1983). Flotasyon, seçici flokülasyon ve yağ aglomerasyonu, toz kömürün temizlenmesinde kullanılan yöntemlerdir. Yağ aglomerasyonu bunların içinde, en yüksek verimle temiz kömür eldesi sebebiyle en iyisi kabul edilmektedir (Cebeci ve Eroğlu, 1998). Yağ aglomerasyonu yöntemi, yağ tarafından kömür tanelerinin ıslatılması ve yüksek karıştırma hızlarında birbirlerine bağlanarak daha iri taneler haline getirilmesi yöntemidir. Yağ aglomerasyonu yöntemiyle, düşük kül oranlarında yüksek kazanma verimleri elde edilebilmektedir. Ayrıca, elde edilen temiz kömürün nem oranı düşük, ısı değeri yüksek olmaktadır (Kılınç, 2000).

2 YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1 Müzret (Artvin-Yusufeli) Kömürünün Özellikleri

Bu çalışmada, Müzret (Yusufeli-Artvin) kömürü kullanılmıştır. Müzret kömür sahası, Artvin iline bağlı Yusufeli ilçesinin 10 km güney basında bulunmaktadır (Şekil 1).

Sahada, kömür kalınlıkları 0,5-3m arasında değişen ve aralarında kıltaşı seviyeleri bulunan 3 damar halinde bulunmaktadır. Tabanda kıltaşı tabakaları ve tavanda ise tüf-kumtaşı karakterli tabakalar bulunmaktadır. Kömürlü zonun toplam kalınlığı 15 m kadardır (Alp vd., 2004). Bölgede yaklaşık 250.000 ton kömür rezervinin olduğu tahmin edilmektedir (Gökmen vd., 1993). Kömürlü

seviyenin üzerinde 15-50 m arasında değişen örtü tabakası bulunmaktadır (Zengin, 1955). Yağ aglomerasyonu deneylerinin yapılması amacıyla, Müzret havzasından standart örnek alma yöntemlerine göre kömür numunesi alınmıştır.



Şekil 1 Yerbulduru haritası (Alp vd., 2004).

Alınan kömür numunesinin miktarı konileme dörtleme yöntemi ve numune bölücü kullanılarak azaltılmış, kimyasal, petrografik ve minerolojik analizler yapılmıştır. Kimyasal ve petrografik analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2' de gösterilmektedir. Petrografik ve minerolojik incelemeler, kömürdeki miktar olarak en önemli mineralin pirit olduğunu göstermiştir. Gözlenen diğer mineraller ise kil, kalsit, kuvars, jips ve siderit'tir.

Tablo 1 Müzret kömürünün kimyasal analiz sonuçları

Bileşenler	Havada Kuru	Kuru
Nem (%)	1.71	-
Kül (%)	21.12	21.49
Uçucu Madde (%)	20.86	21.12
Sabit Karbon (%)	56.31	57.29
Sülfat Kükürt (%)	1.06	1.09
Piritik Kükürt (%)	5.17	5.26
Organik Kükürt (%)	2.22	2.26
Toplam Kükürt (%)	8.45	8.60
Kalorifik Değer (kcal/kg)	6143	6250

Tablo 2 Müzret kömürünün petrografik analizi (Alp vd., 2004).

Maseraller (%)			Mineraller (%)		
Vitrit	Eksinit	İnertinit	Pirit	Kalsit-Kil	Diğ.
55	8	8	15	12	2

2.2 Aglomerasyon Deneylerinin Yapılışı

Aglomerasyon deneyleri öncesi kömür boyutu 0,5 mm' in altına indirilmiş ve deneyler -0.5mm boyutundaki kömür numuneleri kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'de kömürün tane boyu analizi gösterilmiştir. Buna ilave olarak da, tane boyutunun aglomerasyona etkisinin belirlenmesi amacıyla -0,3 ve -0,106mm boyutunda kömür numuneleri de hazırlanmıştır. Aglomerasyon deneyleri için, iç çapı 11,7 cm olan silindirik cam bir kap kullanılmış olup, cam kap içerisine genişlikleri 1,1 cm olan 4 adet türbülans yaratıcı (baffle) koyulmuştur. Deneyler, IKA RW 20 tipi hızı ayarlanabilen bir mekanik karıştırıcı vasıtasıyla, saf su kullanılarak yapılmıştır. Karıştırıcının pervane çapı 50mm olup karıştırma işlemi kap tabanından 8mm yükseklikte yapılmıştır. Ağırlıkça %5, %10, %20, %30 oranında kömür içeriğine sahip kömür-su karışımı, 1000 dev/dak. hızda 5 dakika şartlandırılmıştır. Ağırlıkça %5, %10 ve %20 oranlarında gazyağı (yoğunluk 0,81 gr/cm³) ilave edilerek kömür-su-gazyağı karışımı, 1400 dev/dak.'da 10dak., 20dak. sürelerle karıştırılmıştır. (Daha sonra ki bazı deneyler için gazyağı oranı %40'a kadar artırılmıştır). Karıştırma işleminden sonra pülp 0.5 mm boyutlu eleğe beslenerek aglomeratlar elek üstü olarak kazanılmıştır. Aglomeratlar, yüzeylerine yapışan mineral maddelerin uzaklaşması için eleklerle birlikte içinde su olan bir kaba su seviyesi elek yüksekliğinin yarısına gelecek şekilde daldırılıp çıkartılmış daha sonra elekten uzaklaştırılmıştır. Aglomeratlar, vakum filtreye konularak susuzlandırılmış, 200 ml aseton ile yıkanarak da yağı arındırılmıştır. Daha sonra etüvde 105°C ± 5°C'de kurutulmuş ve tartılmıştır.

Tablo 3 Kömür tane boyutu analizi

Kömür tane boyutu (mm)	-0,5+0,3	-0,3+0,106	-0,106	Toplam
Ağırlık (%)	25,30	40,76	33,94	100

3 BULGULAR VE TARTIŞMA

Aglomerasyon sonucu elde edilen temiz kömürün kül, piritik kükürt, sülfat kükürdü analizleri yapılmıştır. Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak, geri kazanım (AGR %), organik madde verimi (OMR %), kül azalması (AR %) ve piritik kükürt azalması (PSR %) hesaplanmıştır.

$$AGR (\%) = (W_{AGL}/W_{FEED}) \times 100$$

$$OMR (\%) = (W_P/W_F) \times 100$$

$$AR (\%) = [(A_F - A_P)/A_F] \times 100$$

$$PSR (\%) = [(PS_F - PS_P)/PS_F] \times 100$$

Burada;

W_{AGL} : Aglomerasyon ürününün kuru-yağsız bazda ağırlığı (gr)

W_{FEED} : Aglomerasyon beslemesinin kuru bazda ağırlığı (gr)

W_P : Aglomerasyon ürününün, kuru- kül-süz-yağsız bazda ağırlığı (gr)

W_F : Aglomerasyon beslemesinin, kuru- kül-süz bazda ağırlığı (gr)

A_F : Kuru aglomerasyon beslemesinin kül oranı (%)

A_P : Kuru-yağsız aglomerasyon ürününün kül oranı (%)

PS_F : Kuru aglomerasyon beslemesinin piritik kükürt oranı (%)

PS_P : Kuru-yağsız aglomerasyon ürününün piritik kükürt oranı (%)

olarak alınmıştır.

3.1 Kömür Oranının Aglomerasyona Etkisi

Tablo 4 ve Şekil 2'de görüldüğü gibi aglomerasyon işleminde (Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 20 dak., Kömür tane boyutu: -0,5 mm), kömür oranı arttıkça organik madde verimi artmakta, kül azalması ve piritik kükürt azalması düşmektedir. %5, %10, %20 ve %30 oranlarındaki kömür miktarları için, elde edilen organik madde verimleri sırasıyla %68,91, %79,22, %83,04, %92,02; kül azalmaları sırasıyla, % 48,95, %44,77, %40,94 ve %33,55; piritik kükürt azalmaları sırasıyla, %60,08, %54,18, %49,62 ve %41,25'tir.

Artan kömür oranı ile birlikte organik madde verimindeki artış yüksek kömür konsantrasyonlarında, taneler arasındaki mesafenin düşük kömür konsantrasyonlarındakine göre daha az olması ile açıklanabilir. Bir başka ifade ile, kömürün gazyağı ile kaplanmasını sağlayan "kömür-yağ" temaslarının sayısı ve aglomeratların çoğalmasını sağlayan "yağla kaplı kömür-kömür temasları", kömür oranının artması ile birlikte artmıştır. Bununla birlikte birim hacimdeki kömür tanesi miktarındaki artış, seçimliliği azaltarak kül ve piritik kükürt azalmalarında düşüşe sebep olmuştur. Çünkü kömür taneleri üzerindeki veya arasındaki pirit ve diğer mineral maddeler fazla sayıdaki kömür taneleri arasında sıkışıp aglomeratlar arasında kalmışlardır.

3.2 Gazyağı Oranının Aglomerasyona Etkisi

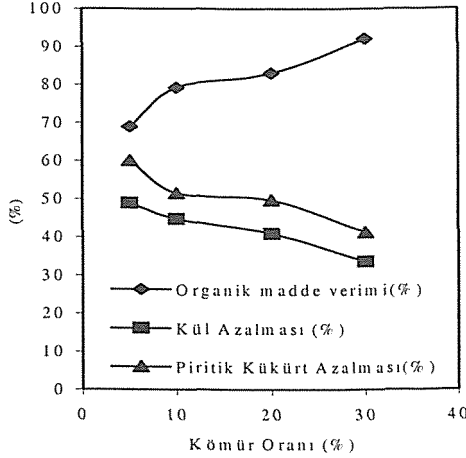
Tablo 5 ve Şekil 3'de görüldüğü gibi aglomerasyon işleminde (Kömür oranı: %10, Aglomerasyon süresi: % 10 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm), %20 oranındaki gazyağı oranına kadar organik madde verimi artmış daha fazla gazyağı miktarlarında düşmüştür. %5, %10, %20, %30, %40 gazyağı miktarları için elde edilen organik madde verimleri sırasıyla, 64,31, 76,39, 76,45, 71,38, 64,03'dir.

En fazla kül azalması ve piritik kükürt azalması ise %30 oranındaki yağ miktarında elde edilmiştir ve sırasıyla %54,44 ve %75,86 olarak gerçekleşmiştir.

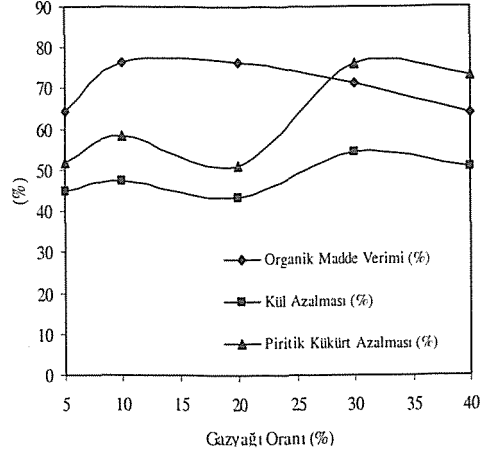
Gazyağı oranı %20'yi aşınca görülen organik madde verimindeki düşüş, aglomerasyondaki bağlanma mekanizmasının, kararlı aglomeratlar oluşturan "funikuler tipi bağlanma" türünden yağ çamuru şeklindeki daha gevşek aglomeratları oluşturan "kapiler" türü bağlanma türüne döndüğünü göstermektedir.

Tablo 4 Kömür oranının aglomerasyona etkisi (Gazyağı %10, Aglomerasyon süresi: 20 dak., Tane boyutu: -0,5mm)

Kömür Oranı (%)	Geri Kazanım (%)	Organik Madde Verimi (%)	Kül (%)	Kül Azalması (%)	Piritik Kükürt (%)	Piritik Kükürt Azalması (%)	Sülfat Kükürtü (%)	Sülfat Kükürt Azalması (%)
5	60,76	68,91	10,97	48,95	2,10	60,08	0,20	81,65
10	70,47	79,22	11,87	44,77	2,55	54,18	0,15	86,24
20	74,66	83,04	12,69	40,94	2,65	49,62	0,23	78,90
30	84,27	92,02	14,28	33,55	3,09	41,25	0,30	72,48



Şekil 2 Kömür oranının, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 20 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)



Şekil 3 Gazyağı oranının, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Kömür oranı: %10, Aglomerasyon süresi: % 10 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

Tablo 5 Gazyağı oranının aglomerasyona etkisi (Kömür oranı: %10, Aglomerasyon süresi: % 10 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

Gazyağı Oranı (%)	Geri Kazanım (%)	Organik Madde Verimi (%)	Kül (%)	Kül Azalması (%)	Piritik Kükürt (%)	Piritik Kükürt Azalması (%)	Sülfat Kükürtü (%)	Sülfat Kükürt Azalması (%)
5	57,29	64,31	11,88	44,72	2,53	51,90	0,13	88,07
10	67,64	76,39	11,34	47,23	2,18	58,56	0,15	86,24
20	68,36	76,45	12,21	43,18	2,58	50,95	0,10	90,83
30	62,13	71,38	9,79	54,44	1,27	75,86	0,19	82,57
40	56,21	64,03	10,57	50,81	1,42	73,00	0,18	83,49

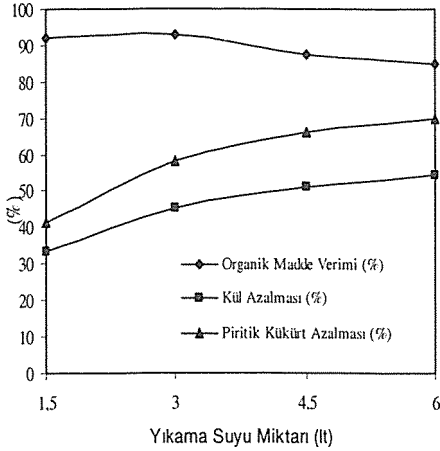
3.3 Yıkama Suyu Miktarının Aglomerasyona Etkisi

Tablo 6 ve Şekil 4'de görüldüğü gibi aglomerasyon işleminde (Kömür oranı: %30, Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 20dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm) yıkama suyu miktarı arttıkça organik madde verimi giderek düşmekte, bununla birlikte kül ve piritik kükürt azalmaları artmaktadır. 1.5lt, 3lt, 4.5lt

ve 6lt yıkama suyu miktarlarında organik madde verimleri sırasıyla, %92.02, %92.88, %87.62, %85.08; kül azalmaları sırasıyla, %33.55, %45.18, %51.09, 54.49; piritik kükürt azalmaları sırasıyla, %41.25, %58.17, %66.16, %69.96'dır.

Bu durum aglomerat yüzeylerindeki ve aralarındaki pirit ve diğer mineral maddelerin yıkama suyu miktarının artışıyla daha fazla

yıkılarak uzaklaştığını, fakat bu yıkama esnasında aglomeratların da artan suyun etkisiyle daha fazla parçalandığını göstermektedir.

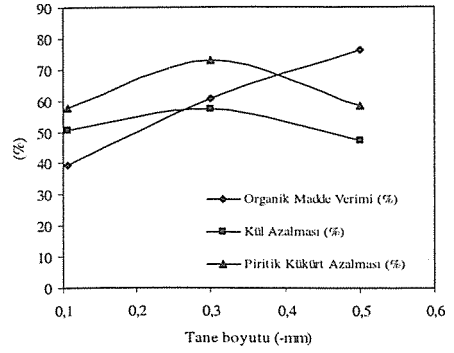


Şekil 4 Yıkama suyu miktarının, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Kömür oranı: %30, Gazyağı oranı %10, Aglomerasyon süresi 20 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

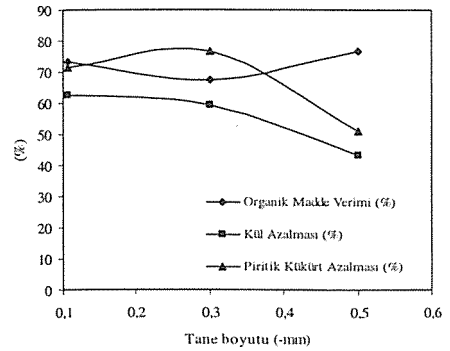
3.4 Kömür Tane Boyutunun Aglomerasyona Etkisi

Tablo 7 ve Şekil 5, 6, 7'da görüldüğü gibi, aglomerasyon işleminde (Kömür oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 10dak., Aglomerat kazanım eleği boyutu: 0,5mm) düşük gazyağı oranlarında (%10, %20) kömür tane boyutu küçüldükçe verim azalmaktadır. Çünkü küçük tane boyutlarındaki kömürler için (-0,3 ve -0,106 mm), toplam yüzey alanı fazla olduğundan, gazyağı oranı yetersiz kalmış, yeterince aglomerat oluşmamış ve organik madde verimi düşük çıkmıştır. Küçük kömür tane boyutları için organik madde veriminin düşük olmasının diğer sebebi aglomerat kazanım eleği boyutunun (0,5mm), en yüksek kömür tane boyutu ile aynı olmasıdır.

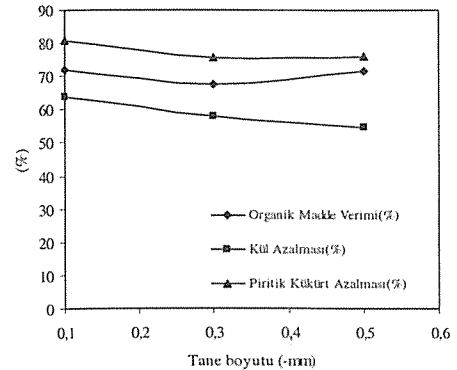
Yağ miktarı arttırıldığında (%30), küçük tane boyutlu kömürler için (-0,3 ve -0,106 mm), organik madde verimleri artmış ve -0,5mm tane boyutlu kömür için elde edilen organik madde verimine yaklaşmıştır. Diğer bir ifadeyle daha büyük aglomeratlar oluşmuştur. %30 gazyağı miktarları için, tane boyutu küçüldükçe kül azalması ve piritik kükürt azalması artmaktadır. Bunun sebebi, küçük kömür tane boyutları daha fazla serbest pirit ve diğer mineral maddelerin olması ve daha temiz kömür kazanılmasıdır. Daha düşük yağ oranlarında ise (%10, %20) bu durum gözlenmemiştir.



Şekil 5 Kömür tane boyutunun, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Aglomerasyon süresi: 10 dak., Gazyağı oranı: %10, Aglomerat kazanım eleği boyutu: 0,5mm)



Şekil 6 Kömür tane boyutunun, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Aglomerasyon süresi: 10 dak., Gazyağı oranı: % 20, Aglomerat kazanım eleği boyutu: 0,5mm)



Şekil 7 Kömür tane boyutunun, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Aglomerasyon süresi: 10 dak., Gazyağı oranı: % 30, Aglomerat kazanım eleği boyutu: 0,5mm)

Tablo 6 Yıkama suyu miktarının aglomerasyona etkisi (Kömür oranı %30, Gazyağı oranı %10, Aglomerasyon süresi 20 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

Yıkama Suyu Miktarı (lt)	Geri Kazanım (%)	Organik Madde Verimi (%)	Kül (%)	Kül Azalması (%)	Piritik Kükürt (%)	Piritik Kükürt Azalması (%)	Sülfat Kükürtü (%)	Sülfat Kükürt Azalması (%)
1,5	84,27	92,02	14,28	33,55	3,09	41,25	0,30	72,48
3	74,50	92,88	11,78	45,18	2,20	58,17	0,16	85,32
4,5	69,31	87,62	10,51	51,09	1,78	66,16	0,18	83,49
6	66,76	85,08	9,78	54,49	1,58	69,96	0,09	91,74

Tablo 7 Kömür tane boyutunun aglomerasyona etkisi (Kömür oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 10dak.)

Gazyağı Oranı (%)	Tane Boyutu (mm)	Geri Kazanım (%)	Organik Madde Verimi (%)	Kül (%)	Kül Azalması (%)	Piritik Kükürt (%)	Piritik Kükürt Azalması (%)	Sülfat Kükürtü (%)	Sülfat Kükürt Azalması (%)
10	-0,5	67,64	76,39	11,34	47,23	2,18	58,56	0,15	86,24
	-0,3	52,41	60,60	9,22	57,10	1,42	73,00	0,21	80,73
	-0,106	34,63	39,43	10,60	50,67	2,22	57,79	0,18	83,49
20	-0,5	68,36	76,49	12,21	43,18	2,58	50,95	0,10	90,83
	-0,3	57,90	67,27	8,78	59,14	1,23	76,62	0,14	87,16
	-0,106	62,76	73,49	8,07	62,45	1,5	71,48	0,12	88,99
30	-0,5	62,13	71,38	9,79	54,44	1,27	75,86	0,19	82,57
	-0,3	58,21	67,43	9,06	57,84	1,29	75,48	0,19	82,57
	-0,106	61,19	71,88	7,77	63,89	1,02	80,61	0,12	88,99

3.5 Pülp pH'ının Aglomerasyona Etkisi

Tablo 8 ve Şekil 8'de görüldüğü gibi aglomerasyon işleminde(Kömür oranı: %10, Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 10dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm) yüksek pH larda organik madde verimi düşerken, kül ve piritik kükürt azalmalarında artışlar görülmektedir.

Pülp pH'ının, 2, 4, 5,68, 8,10 değerlerinde, organik madde verimi sırasıyla, %77.80, %63.86, %76.39, %58.66, %56.28;, kül azalmaları sırasıyla, %61.56, %61.24, %47.23, %58.49, %57.61; piritik kükürt azalmaları sırasıyla, %74.71, %80.04,

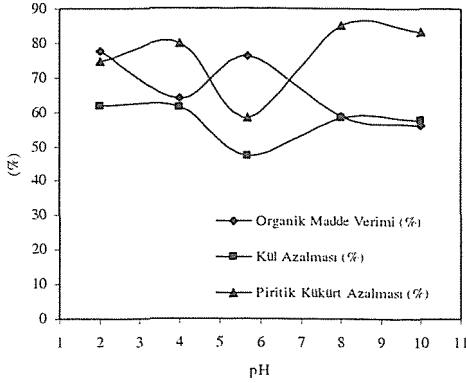
%58.56, %85.17, %83.27'dir. Nötr pH' a yakın bir değer olan pH: 5.68' den sonra organik madde verimlerinin düştüğü görülmektedir. Bu durum yüksek pH' larda kömür yüzeyinin negatifliğinin artmasıyla açıklanabilir.

Gazyağı damlacıkları sulu ortamlarda negatif elektrik yüküne sahip olduğundan, gazyağı kömür yüzeyine yeterince yapışmamaktadır.

Yüksek pH'larda kül ve piritik kükürt azalmasının sebebi ise piritin yüksek pH' larda , flotasyonda olduğu gibi hidrofilik bir yapı kazanmasıyla açıklanabilir.

Tablo 8 Pülp pH'ının aglomerasyona etkisi (Kömür oranı: %10, Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 10 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

pH	Geri Kazanım (%)	Organik Madde Verimi (%)	Kül (%)	Kül Azalması (%)	Piritik Kükürt (%)	Piritik Kükürt Azalması (%)	Sülfat Kükürtü (%)	Sülfat Kükürt Azalması (%)
2	66,58	77,80	8,26	61,56	1,33	74,71	0,15	86,24
4	54,69	63,86	8,33	61,24	1,05	80,04	0,13	88,07
5,68	67,64	76,39	11,34	47,23	2,18	58,56	0,15	86,24
8	50,57	58,66	8,92	58,49	0,78	85,17	0,15	86,24
10	48,61	56,28	9,11	57,61	0,88	83,27	0,13	88,07



Şekil 8 Pülp pH'nın, organik madde verimi, kül azalması, piritik kükürt azalmasına etkisi (Kömür oranı: %10, Gazyağı oranı: %10, Aglomerasyon süresi: 10 dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm)

4 SONUÇLAR

Müzret(Artvin-Yusufeli) kömürü üzerinde yapılan yağ aglomerasyonu deneyleri aşağıdaki sonuçları ortaya koymaktadır:

Müzret(Artvin-Yusufeli) kömürünün yağ aglomerasyonu ile önemli ölçüde temizlenebildiği görülmüştür. Şöyleki, kuru bazda kül içeriği %21,49 ve piritik kükürt içeriği %5,26 olan Müzret kömüründen kül içeriği %8,92 ve piritik kükürt içeriği %0,78 olan temiz kömür elde edilmiştir.

Kömür oranının aglomerasyona etkisi, gazyağı oranı: %10, aglomerasyon süresi: 20 dak. kömür tane boyutu: -0,5mm şartlarında incelenmiştir. Kömür oranına bağlı olarak en yüksek organik madde verimi %30 kömür oranında %92,02 olarak, en fazla kül ve piritik kükürt azalması %5 kömür oranında sırasıyla %48,95 ve %60,08 olarak gerçekleşmiştir.

Gazyağı oranının aglomerasyona etkisi, kömür oranı: %10, aglomerasyon süresi: % 10 dak., kömür tane boyutu: -0,5mm şartlarında incelenmiştir. Gazyağı oranına bağlı olarak en yüksek organik madde verimi, %20 gazyağı oranında %76,45 olarak, en fazla kül ve piritik kükürt azalması %30 gazyağı oranında sırasıyla %54,44 ve %75,86 olarak gerçekleşmiştir.

Yıkama suyu miktarının aglomerasyona etkisi, kömür oranı: %30, gazyağı oranı: %10, aglomerasyon süresi: 20dak., Kömür tane boyutu: -0,5mm şartlarında incelenmiştir. Yıkama suyu miktarına bağlı olarak en yüksek organik madde verimi 3 lt yıkama suyu miktarında %92,88 olarak, en fazla kül ve piritik kükürt azalması 6lt yıkama suyu miktarında sırasıyla %54,49 ve %69,96 olarak gerçekleşmiştir.

Kömür tane boyutunun aglomerasyona etkisi, kömür oranı: %10, gazyağı oranı: %10, %20, %30, aglomerasyon süresi: 10dak., kömür tane boyutu: -0,5mm, -0,3mm, -0,106mm şartlarında incelenmiştir. Kömür tane boyutuna bağlı olarak en yüksek organik madde verimi %20 gazyağı oranı ve -0,5mm kömür tane boyutunda %76,49 olarak, en fazla kül ve piritik kükürt azalması %30 gazyağı oranı ve -0,106mm kömür tane boyutunda sırasıyla %63,89 ve %80,61 olarak gerçekleşmiştir.

Pülp pH'nın aglomerasyona etkisi, kömür oranı, %10, gazyağı oranı: %10, aglomerasyon süresi: 10dak., kömür tane boyutu: -0,5mm şartlarında incelenmiştir. Nötr pH'a yakın bir değer olan 5,68'den sonra organik madde verimlerinin düştüğü görülmektedir. Pülp pH'ına bağlı olarak en yüksek organik madde verimi pH: 2'de %77,80 olarak, en fazla kül azalması pH: 2'de %61,56 olarak, en fazla piritik kükürt azalması pH:8'de %85,17 olarak gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

- Alp, İ., Uslu, T., Vıcıl, M., Yılmaz, A.O. ve Deveci, H., 2004. Müzret (Yusufeli-Artvin) Kömürlerinin Özelliklerinin Araştırılması, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Ed: Aydın H. ve Çolak, K., Zonguldak, Türkiye.
- Boylu, F., ve Ateşok, G., 1999. Çevre Dostu Yeni Bir Enerji Hammaddesi: Kömür-Su Karışımları, Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Sempozyumu, Ankara. 154-162.
- Cebeci, Y. ve Eroğlu, N., 1998. Determination of Bridging Liquid Type in Oil Agglomeration of Lignites, *Fuel*, 77. 5. 419-424.
- Engin, V.D., 2002. Kömür Yıkama Tesisleri İnce Artıklarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağı, M., Öz, D. ve Tuncalı, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri, MTA Yayınları, Ankara. 45-46.
- Güney, A., Ateşok, G., Önal, G. ve Atak, S., 1998. Türkiye Linyitlerine Uygulanması Gereken İyileştirme Yöntemleri, Ed: Önal, G., ve Ateşok, G., Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, 4, 85-106.
- Kemal, M. ve Arslan, V., 1999. Kömür Teknolojisi, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi, No:33, İzmir, 370 s.
- Kılınç, E., 2000. Toz Kömürlerin Yağ Aglomerasyonu İle Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Mehrotra, V.P., Sastry, K.V.S. ve Morey, B.W., 1983. Review of Oil Agglomeration Techniques for Processing of Fine Coals, *Int. Journal of Mineral Processing*, 11, 75-201.
- ODTÜ, 1994. Linyitlerin Kalitesinin Artırılması. 2000'li Yıllarda Linyit Sektörümüz Sempozyumu, 15 Kasım 1994, Maden Mühendisleri Odası Yayını.
- Zengin, Y., 1955. Yusufeli (Çoruh) Kömürleri MTA Araş. Rap. No:2342, Ankara. 15 s.

Yazarlar Dizini

Abdiöglü, E.	21
Acar, H.H.	253, 259,
Adıgüzel, D.	113
Akaryalı, E.	31
Akdemir, Ü.	325
Akpınar, I.	31
Alp, I.	49, 81, 93, 189, 233, 239, 293, 299, 305, 309, 313, 319, 329, 335, 341, 345, 351
Alpaydın, E.	137
Angın, Z.	247
Arslan, M.	21, 81
Atıcı, Ü.	201
Avşar, Ü.	1
Aydiner, K.	239
Bal, C.	269
Başçetin, A.	221
Bayraktar, A.	85
Bekar, M.	7
Celep, O.	49, 77, 293, 305, 309, 313, 319, 329, 335, 345
Cihangir, F.	151, 227
Çağlar, I.	1
Çağlar, S.	253
Çavuşoğlu, İ.	49, 67, 77, 81, 233
Çebi, M.	67
Çelik, Y.	313
Çetinkaya, S.	325
Demir, C.	269
Demir, T.S.	269
Demir, Y.	31
Deveci, H.	293, 305, 309, 313, 319, 329, 335, 341, 345, 351
Duran, C.	293, 309, 313, 319, 329, 335, 345
Durmuş, O.	151
Erçakdı, B.	151, 227
Erkan, I.	299
Ersoy, A.	201
Fidan, R.	299
Görgülü, Ü.	81, 233, 239
Güç, A.R.	17
Güluy, M.	243
Güldan, G.	309
Güler, T.	325
Gündüz, L.	7
Gürkan, V.	283
İsker, M.	7
Kahraman, E.	183
Kahriman, A.	113
Kar, Y.	269
Karadoğan, A.	113
Karakurt, I.	233, 239
Karakuş, D.	143, 157
Karlı, R.	1
Kavaklı, N.	263
Kaygusuz, A.	93
Keleş, H.	341
Kesimal, A.	151, 227, 341
Kırmızıkan, E.	309
Koçal, F.	213
Kolaylı, H.	21, 81, 93
Konak, G.	143, 157
Kurt, I.	43
Muş, K.	59, 63
Nieto, A.	221
Onur, A.H.	143, 157
Oygür, A.V.	275
Özer, Ü.	113
Özkan, I.	43, 67
Özkazanç, M.O.	147
Şaban, Ö.	59, 63
Şahbudak, K.	325
Şahinoğlu, E.	299, 351
Şapcı N.	7
Tatarhan, A.	99, 167
Uslu, T.	351
Üçüncü, O.	243, 247, 345
Ünal, A.E.	1
Ünsal, S.	283
Varlık, R.	67
Vicil, M.	49, 77, 93, 293, 313, 319, 329, 335
Yalçınalp, B.	49, 77,
Yavuz, M.	299
Yazıcı, E.Y.	77, 93, 305, 309, 341
Yazıcı, R.	293
Yılmaz, A.O.	49, 67, 189, 213, 233
Yılmaz, T.	49, 77, 305, 319, 329, 335, 345
Yüce, A.E.	283
Yünsel, T.Y.	201

ISBN: 9944-89-164-9

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 115