

## PNÖMATİK RAMBLE UYGULAMASINDA GELİŞMELER VE PNÖMATİK RAMBLİNİN TEORİSİ

Dr. Ergin ARIÖĐLU(\*) Gündüz ÖKTEN(\*\*)

### 1. GİRİŞ

Memleketimizde giderek önemi artan enerji probleminin radikal çözümlerinden biri de, taşkömür ve linyit yataklarımızda tabii şartların müsaade ettiği ölçüde rasyonel üretimin gerçekleştirilmesidir. Şüphesiz ki, rasyonel üretim büyük ölçüde uygulanacak mekanizasyon miktarına bağlıdır. Diğer bir deyişle bugünün kömür maden işletmeciliğinde rie kadar çok mekanizasyon uygulamasına gidilirse, üretimin daha ekonomik ve emniyetli olarak gerçekleştirilme imkânı o ölçüde artacaktır.

Önemli yeraltı linyit işletmelerimizde, yaklaşık olarak toplam rezervin % 80 - 90'ı kalın ve orta eğimli damarlardan oluşmaktadır. Bilindiği gibi, kalın damarların tam üretimi ramble sistemi ile mümkün olabilmektedir. Keza, damar eğilimlerinin 30°'yi geçmemesi, tam arın mekanizasyonunun ramble sistemi ile kombinasyon imkânını yaratmaktadır. Hidrolik ramblenin daha pahalı bir sistem olması ve malzeme yönünden uygulamada bazı özellikler gerektirmesi nedeniyle pnömatik ramble bugünün ramble pratiğinde en çok uygulanan sistemdir. (1)

Bilindiği gibi, son yıllara kadar pnömatik ramble operasyonu bir bütün olarak ayak içi mekanizasyonuyla istenilen şekilde harmonize edilemediğinden, bazı zorunlu işletme şartları haricinde, uygulaması"oldukça sınırlı olmuştur. Ramble boru sisteminin 3 - 5 m/gün gibi yüksek hızla ilerleyen ayak arınım aynı hızla fakip etmemesi söz konusu operasyonun

(\*) Dr. Yük. Müh. t.T.Ü. Maden Fakültesi

(\*\*) Asis. Maden Yük. Müh. İ.T.Ü. Maden Fakültesi

uygulamasını kısıtlayan en önemli etkenlerden biriydi. Bilhassa boru sistemine getirilen önemli dizayn yenilikleri sayesinde pnömatik ramble bugün ayak içinde kullanılan her türlü kazı mekanizasyonu ve tahkimat sistemi ile birlikte uygulanabilmektedir.

Pnömatik ramblenin tam arın mekanizasyonu ile birlikte kombinasyonu ilk defa 1968 yılında Almanya'nın Gelsenkirchen - Horst'daki Nordstern ocağında başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamaya ait ayak üretimi ve randımam sırasıyla 2000 ton/gün ve 20 - 25 ton/yevmiye - vardiya değerinde idi. İlk uygulamanın Federal Almanya ocaklarında olmasına rağmen, uygulamada daha başarılı sonuçlara 1971 yılında Fransa'daki Loren havzasının Folschviller ocağında 2.3 m. kalınlığındaki Maurice 18 damarında ulaşılmıştır. Söz konusu kombinasyon ile bu damardan aynı yıl içinde elde edilen ortalama ayak üretimi ve randımanı sırasıyla 1760 ton/gün ve 41 ton/yevmiye-vardiya olmuştur. (2)

Yukarıda belirtilen sınırlı uygulama sonuçlarından anlaşılacağı gibi, bugünün kömür teknolojisinde pnömatik ramble artık arın mekanizasyonmu engeleyen bir operasyon olmaktan çıkmış; bilakis normal kalınlıkta (1.5-3 m) tavanı geçertilen damarlarda uygulanan tam arın mekanizasyonu ile rahatlıkla rekabet edebilecek seviyeye gelmiştir.

(Pnömatik ramble + tam arın mekanizasyonu) sisteminin Almanya ve Fransa'daki uygulamalarından başka; bugün Polonya, Çekoslovakya, Sovyetler Birliği ve İngiltere'de uygulamaya konmuş olması, sistemin gelişmesini açıkça göstermektedir.

Bu yazıda, pnömatik ramblenin ayak içi mekanizasyonu ile kombinasyonunda katedilen gelişmeler ve ramble malzemesinin basmçlı hava ile nakil teorisi incelenecektir. Ayrıca konunun sürekliliğini sağlamak bakımından pnömatik ramble devresi ve uygulamasına ait bilinen hususlara da kısaca değinilecektir.

## **2. PNÖMATİK RAMBLİN UYGULAMA NEDENLERİ**

özellikle, aşağıda belirtilen şartlar altında pnömatik ramblenin uygulanması zorunlu olmaktadır.

- Kahn ve eğimi 30° 'den büyük damarlarda kayıpları minimuma indirmek,
- Bu işletme kayıplarından meydana gelen ocak yangınlarını bertaraf etmek,
- Tavan tabakası çok sert olan ayaklarda etkin arazi kontrolü sağlamak,

- önemli yerleşme bölgelerinin altında çalışacak üretim yerlerinin meydana getireceği tasmanları önemli ölçüde azaltmak,
- Tavan çatlaklarından ayak için drene olan metan miktarını azaltmak,
- Su gelirinin fazla olması veya su patlama tehlikesinin bulunması durumlarında, üretim yerlerinde iş emniyetini temin etmek,
- Büyük işletmelerde paşaların nakil ve stoklama problemlerine çözüm bulmak.

### **3. MEKANİZE ÜRETİM İLE KOMBİNE EDİLMİŞ PNÖMATİK RAMBLE DEVRESİNİN TANITILMASI**

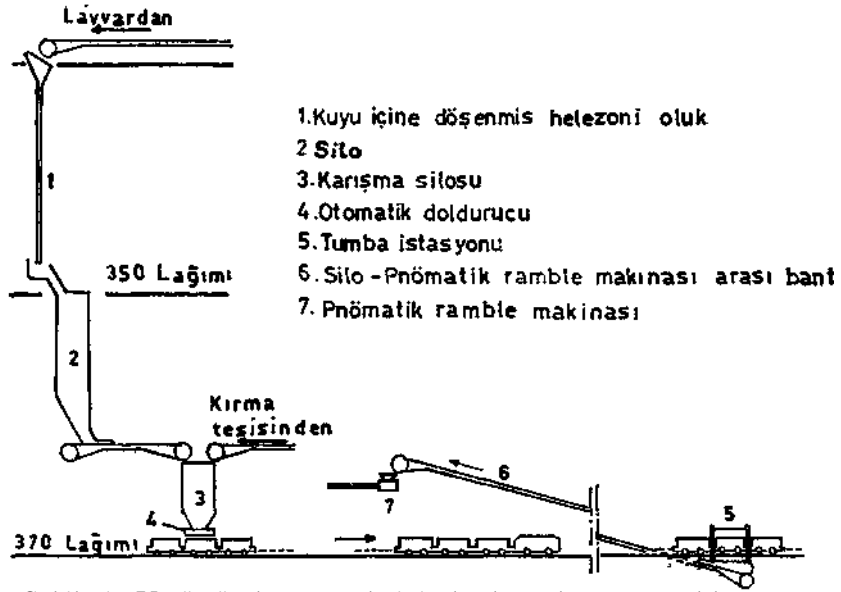
#### **3.1 Genel:**

Tüm olarak incelendiğinde pnömatik ramble devresi oldukça karışık bir görünüm vermektedir. Devrenin daha kolay anlaşılması için iki bölüm halinde incelenmesi uygun olacaktır.

- Yerüstünde ve ocak içinde hazırlanan ramble malzemesinin pnömatik ramble makinasına gelişi,
- Pnömatik ramble makinasına gelen ramble malzemesinin ayak arkasındaki ramble boşluğuna aktarılması.

#### **3.1.1. Rarmble Malzemesinin Hazırlanması - Ramble Makinasına Geliş Devresi :**

Pnömatik ramble uygulamasında ramble malzemesi büyük önem taşır. Uygulamada karşılaşılan tıkanmalar ve aşınmaların en düşük değere indirilmesi için, malzemenin tane büyüklüğünün ve mineralojik yapısının çok iyi incelenmesi gerekir. Tane boyutları 0-10 mm. arasında değişmeli, hiçbir zaman boru yarıçapının 1/3'ünün üstüne çıkmamalıdır. Aşındırma özellikleri az olduğu için lavvar artıkları, kırılmış taş, granule yüksek firm artıkları yaygın olarak kullanılan pnömatik ramble malzemeleridir. Islak ve kil oram yüksek olan malzeme verimi düşürdüğü gerekçesiyle istenmez. (3), (4).



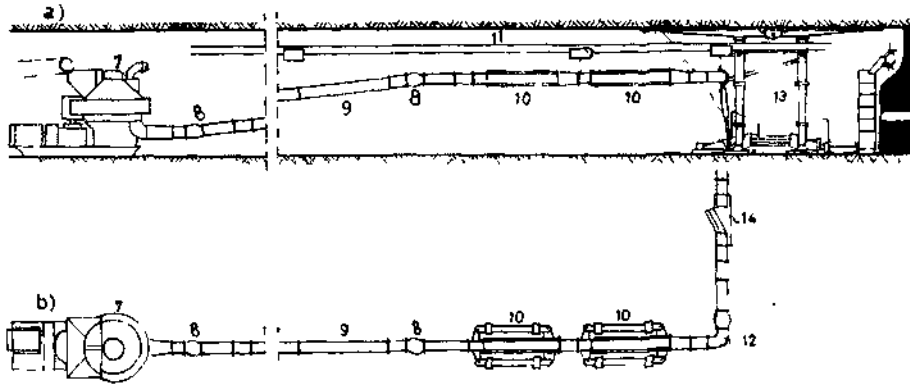
Şekil :1 Yerüstünde ve ocak içinde hazırlanan ramble malzemesinin pnömatik ramble makinasına gelişi

(Şekil : 1)'den izleneceği gibi, lavvar artıklarından ve gerektiğinde üretim ile elde edilen pnömatik ramble malzemesi, lastik bantlı taşıyıcı ile kuyu ağzına getirilir. Banttan kuyu içine döşenmiş helezoni veya plâatformlu oluğa dökülen malzeme, oluk vasıtasıyla ocak içindeki siloya boşaltılır. Silonun altındaki banta dökülen malzeme ile, galeri sürme işlemleri sonucu elde edilen ve yeraltı kırma tesisinde gerekli boyutlara kırılan paşalar iki ayrı bant ile karışma silosuna getirilir. Karışma silosunda biriken ramble malzemesi silonun altına monte edilen otomatik doldurucu ile vagonlara doldurulur. Vagonlar bir lokomotif ile çekilerek tumba istasyonuna getirilir ve burada tumba edilerek siloya boşaltılır. Silodan uniform bir şekilde lastik banta dökülen malzeme ramble makinasının besleme hunisine sevk edilir. (Şekil : 1), elemanları topluca gösterdiği için örnek olarak verilmiştir. İşletme şartlarına bağlı olarak yukarıdaki devrede çeşitli değişiklikler yapılabilir. (3), (5).

### 3.1.2. Ramble Makinasından Çıkış - Ramble Boşluğuna Aktarılma Devresi :

Devrenin ikinci kısmı pnömatik ramble makinasından başlar. Besleme hunisinden giren malzeme makina içinde basınçlı havayla karışarak- (düşey milli makinalarda) galeri boru şebekesine verilir. Galeri şebekesinin ana iskeletini iki tabakalı, veya bazalt astarlı borular oluş-

turur. Şebekeye esneklik sağlamak amacı ile mafsallı borular, küçük çaplı kurbalarda dirsekler eklenir. Ayrıca ayak başının hemen gerisinde bağlanan iki adet teleskopik boru yardımıyla monoraya asılı galeri boru şebekesinin ayak ilerlemesine üretimi aksatmadan uyumu sağlanır. (Şekil : 2a).



- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 7 KZS 150 pnömatik ramble makinası            | 11 Mono-ray                     |
| 8 Mafsallı boru                               | 12 90°'lik dirsek               |
| 9 Galeri şebekesindeki pnömatik ramble borusu | 13 İki direkli yürüyen tahkimat |
| 10 Teleskopik boru                            | 14 Yan aktarıcı                 |

Şekil. 2 Taban yolu ve ayak içi pnömatik ramble boru şebekesi

Galeri boru şebekesi ile ayak girişine kadar gelen ramble malzemesi 90°'lik bir dirsek ile ayak içi boru şebekesine girer. Ayak içi boru şebekesi iki tabakalı veya bazalt astarlı borularla 4-5 m. arayla eklenen yan aktarıcılardan ve esneklik sağlamak amacı ile bağlanan iki adet mafsallı borulardan oluşur. Yürüyen tahkimatın arkasında tüm ayak boyunca uzanan şebekenin yatay ve düşey yönde hareketleri, boruların dayandığı mesned ile ön direk ve tahkimat şasisi arasında uzanan hidrolik pistonlar yardımıyla sağlanır. Ramble boşluğunun doldurulmasından sonra, boru şebekesi yürüyen tahkimat ile birlikte yeni haveye çekilir. (6), (2), (7) (Şekil : 2b)

İkinci devreyi oluşturan elemanlar pnömatik ramble operasyonunun ana elemanlarıdır. Son yıllardaki gelişmelerin büyük kısmı bu elemanlar ile ilgili olduğundan, her biri aşağıda kısaca incelenecektir.

### 3.1.2.1. Pnömatik Ramble Makinaları

Pnömatik ramble makinalarının görevi, ramble malzemesini basınçlı hava ile devamlı ve uniform bir şekilde boru şebekesine gönder-

mektir. Çalışma şekillerine göre döner hücreli ve kamaralı makinalar olmak üzere iki ayrı yapı tarzında imal edilirler. Kamaralı makinalar düşük kapasiteli oldukları ve büyük hacim kapladıkları için kullanılma sahalarını büyük ölçüde kaybetmişlerdir. Bu sebeple sadece yaygın olarak kullanılan döner hücreli makinalardan bahsedilecektir.

### 3.1.2.1.1. Döner Hücreli Makinalar

Döner hücreli makinalarda hücreleri döndüren milin konumuna göre iki farklı yapı tarzı ayırılabilir. Yeni makinalarda hücreleri döndüren mil düşey, eskilerde ise yataydır.

Tahrik bir basınçlı hava veya elektrik motoruyla sağlanır, bir dişli kutusuna iletilir ve mil döndürülür. Yatay milli makinalarda dönen hücrelere giren malzeme üfleme teknesine boşaltılır ve burada basınçlı ile karışarak hareket eder. Düşey milli makinalarda ise basınçlı hava hücrelerin içinden geçerek malzeme ile birlikte boru şebekesine verilir.

Ayıklarda mekanizasyon sonucu ilerleme hızının artması, büyük kapasiteli ramble makinalarının yapımını zorunlu kılmıştır. Kari Brieden & Co. firmasının yaptığı KZS 150 ve KZS 250 tipi makinalarla yüksek kapasitelere ulaşılmıştır. Bu makinalara ait teknik veriler (Tablo : 1)'de özetlenmiş olup, KZS 250 makinası (Şekil : 3)'de görülmektedir.



(Şekil : 3) — Kari BRİEDEN Firması Yapımı KZS 250 Pnömatik Ramble Makinası . .

Teknik Veriler	Makina Tipi	
	KZS 150	KZS 250
Motor gücü kw)	30	40
Motor devir sayısı (dev./dak.)	1450	1450
Ramble kapasitesi (max) (m <sup>3</sup> /saat)	150	250
Çalışma basıncı (atü)	4	4
Nakliye borusu çapı (mm.)	175	225
Basıncılı hava borusu çapı (mm.)	125	150
Toplam ağırlık (kg) (yaklaşık olarak)	4000	6400

**(Tablo : 1) — KZS 150 ve KZS 250 Tipi Pnömatik Ramble Makinalarına Ait Teknik Veriler. (7)**

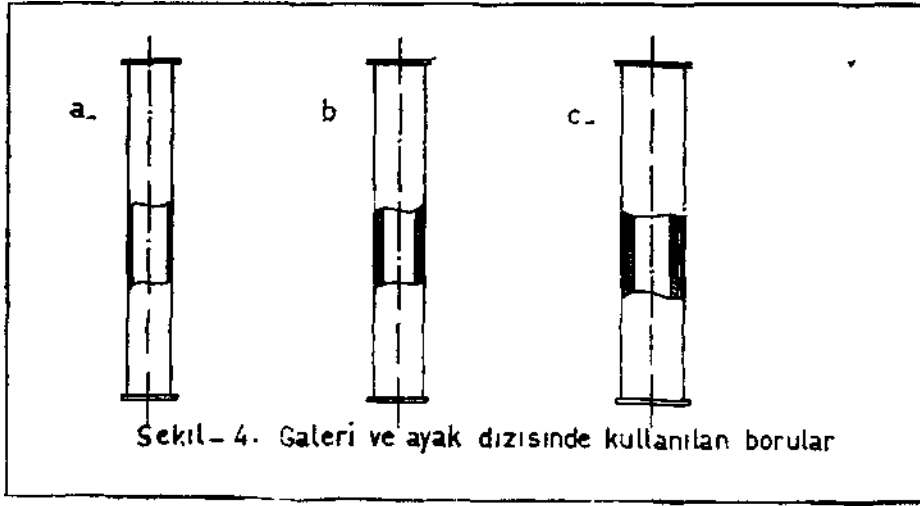
Verilen ramble kapasiteleri teorik olup, uygulamada bu değerlere ulaşmak mümkün değildir. Kapasitenin değişiminde en önemli etken ramble malzemesinin mineralojik yapısı ve tane dağılımıdır. İyi hazırlanmış malzemede KZS 150 makinasının saatteki kapasitesi 40 - 50 m<sup>3</sup>/saat'a kadar düşmekte, iyi hazırlanmış malzemede ise 100-120 m<sup>3</sup>/saat'a kadar çıkabilmektedir.

İncelemeler sonunda pnömatik ramble makinasının aşınmaya maruz kısımların ömrünün 100000-200000 m<sup>3</sup> civarında olduğu saptanmıştır. (4), (5), (8), (9).

### **3.122. Pnömatik Ramble Boruları :**

Pnömatik ramble borularının aşınmaya karşı dayanıklı ve hafif olması istenir. Galeri dizisinde 3000 mm'lik; ince ve eğimi fazla olan damarlarda 2000 mm'lik veya daha kısa borular kullanılır.

Galery ve ayak dizisinde kullanılan borular yapı şekillerine göre üç bölümde toplanabilirler.



### 3.1.2.2.1 Basit Çelik Borular

Aşınmaya karşı mukavemetleri çok az olduğu için kullanılma sahaları devamlı olarak daralmaktadır. Genellikle 4 - 5 mm. kalınlığındaki St 50 -St 60 çeliğinden imal edilirler. Nakledebilecekleri ramble malzemesi miktarı 10000 m<sup>3</sup> civarındadır. (Şekil : 4a)

### 3.1.2.2.2. İki Tabakalı Borular

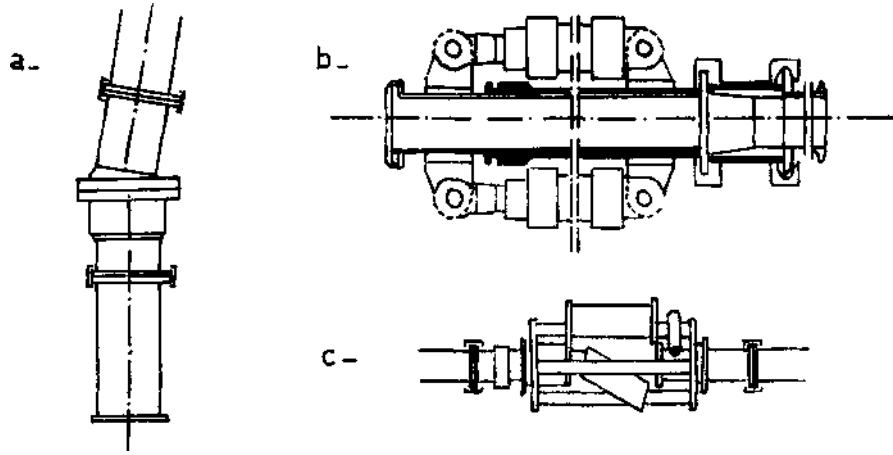
Dıştaki örtü tabakası 3 mm. kalınlığında olup, st 37 çeliğinden yapılmıştır. İçteki St 60 sertliğindeki Cr-Mn çeliğinden yapılan tabaka 5 ve 8 mm'lik iki ayrı kalınlıktadır. Uygulamadaki kullanım süresi 20000-150000 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. (Şekil: 4b).

### 3.1.2.2.3. Bazalt Emaye Borular

Bu tür borularda en dışta 3 mm. kalınlığında bir çelik örtü vardır. Çelik örtünün altında, en içte bulunan 18-20 mm. kalınlığındaki bazalt astarı koruyan döküm ara tabakası bulunur. Bazalt astar aşınmaya karşı çok dayanıklı olduğu için, bu borularla nakledebilecek ramble malzemesi miktarı 500000 -1500000 m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. (Şekil : 4c).

Ayrıca şebekeye eklenen özel yapılı borular yardımıyla şebekenin üretimi aksatmadan arın ilerlemesini takip etmesi sağlanır. Özel yapılı borulara aşağıda kısaca değinilecektir.





Sekil-5- Özel ramble boruları

#### 3.1.2.2.4 Mafsallı Borular

Galeri ve ayak boru şebekesinin 12°'ye kadar sapmalara uyum sağlaması için devreye eklenen borulardır. Ayak içi şebekesine genellikle ayak uzunluğunun 1/3 ve 2/3'ünde iki adet mafsalı boru bağlanır. (Şekil : 5a).

#### 3.1.2.2.5. Teleskopik Borular

Teleskopik borular birbiri içinde hidrolik pistonlar yardımıyla yatay doğrultuda hareket ettirilebilen borulardır. Tavan yollarında ayak girişinden birkaç metre önce galeri boru şebekesine bağlanan iki adet teleskopik boru yardımıyla ayak ilerlemesinin kesintisiz olarak izlenmesi sağlanır. Bu boruların uygulamaya konulması ile galeri şebekesinin ayak içindeki şebekenin ilerlemesine uyamamasından doğan aksaklıklar ortadan kalkmaktadır. (Şekil : 5b).

#### 3.1.2.2.6. Yan Aktarıcılar

Klasik pnömomatik ramble yönteminde tüm ramble boşluğunu doldurmak için boru şebekesinin teker teker sökülmesi ve yeni haveye ilerleyince şebekenin ayak boyunca monte edilmesi gerekir. Bu işlemler bir pnömomatik ramble vardiyasının % 60'ını kaplar.

Ayak dibinden ayak başına kadar 4 - 5 m. arayla ayak içi şebekesine bağlanan yan aktarıcılar mekanik olarak şebekedeki boru ile yer

değiştirirler. Böylelikle boru içinde gelen malzeme, boru doğrultusundan 22° saptırılarak ramble boşluğuna aktarılır.

Normal uzunluktaki bir boru şebekesinde bütün yan aktarıcılarının çalışabilir duruma gelmeleri için gerekli süre yaklaşık olarak bir ramble vardiyasının % 20'si kadardır. Yan aktarıcılarının kullanılmasıyla, işçilik ve zamandan tasarruf sağlanmış olması; pnömatik ramblenin tam mekânize üretim ile kombinasyon imkanını arttırmıştır. (Şekil : 5c).

#### **3.1.2.2.7. Dirsekler**

Boru şebekesinin kurbalardaki ve ayak girişindeki sapsmalara uya-bilmesi için eklenen özel borulardır. En çok kullanılan dirsekler 30° - 60° - 90°'lik olanlardır. Dirseklerde aşınmalar çok fazla olduğundan, iç kısımları çok kalın astar tabakasıyla kaplanır.

Şebekeyi oluşturan boruları birbirine bağlamak için kullanılan bağlantı elemanları, kaçaklara meydan vermemeli, kolaylıkla sökülüp takılabilmelidir. (4), (7), (8) (9).

### **4. RAMBLE MALZEMESİNİN BASINÇLI HAVA İLE NAKİL TEORİSİ**

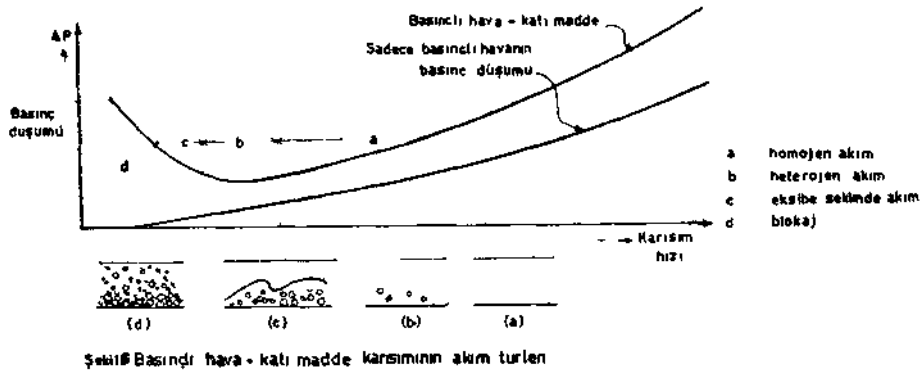
#### **4.1. Genel:**

Ramble malzemesinin basınçlı hava ile nakli, minimum enerji tüketimi ile maksimum malzeme miktarının, ayak arkasma nakli şeklinde tariflenir. Bu prosesde oluşacak basınç düşümlerini karşılayacak gerekli işletme performansına sahip pnömatik ramble makinasının saptanması projelendirme bölümünün önemli bir adımını teşkil eder. Bu probleme ilâveten, verilen proje şartları (tane granolometrisi, boru çapı) için, karışımın boru şebekesi boyunca çökmesini önleyecek akım hızının tespiti gerekir. Devamlı naklin sağlanması ve enerji tüketimini mümkün mertebe minimum seviyede tutmak açısından, boru şebekesinde çökme rejiminin oluşmaması lâzımdır. Bundan dolayı (ramble malzemesi + basınçlı hava) karışımının ortalama hızı, çökme rejimini tarifleyen akım hızından daha büyük olmalıdır. Kısaca, pnömatik ramble prosesinde çözümü gereken iki önemli problem vardır.

- (Ramble malzemesi + basınçlı hava) karışımının boru şebekesinde nakli sırasında oluşacak basınç düşümlerinin hesabı.
- Kritik karışım hızının proje şartları için belirlenmesi.

Herşeyden önce, yukarıda belirtilen iki problemin pratik çözümü ramble malzemesi ile basınçlı hava ortamının birbirlerine olan fiziksel etkilerinin araştırılması ve anlaşılmasına bağlıdır. Diğer bir ifade ile, katı parçacıklarının boru şebekesi içindeki akım karakteristikleri tariflenmelidir. Bu konu ile ilgili olarak yapılan deneysel araştırmalar sonucunda; akım türlerinin, oldukça karışık oldukları ve katı madde/basınçlı hava oranı ile etkilendikleri saptanmıştır. (10)

Şekil : 6'da yatay nakil için, akım hızı ile basınç düşümü arasındaki tipik ilişki görülmektedir. Burada, genel olarak 4 akım türü söz konusudur. Homojen akım, heterojen akım, eskibe şeklinde akım ve blokaj. (10), (11), (12), (13).



Yüksek akım hızlarında veya düşük katı malzeme konsantrasyonunda, katı taneleri oldukça uniform bir şekilde boru kesiti boyunca dağılırlar. Bu tür akıma homojen akım denir. (Şekil : 6a). Homojen akımda nakil edilen katı malzemenin iri tanelerinin boru cidarlarına çarparak «zıplama» suretiyle hareket ettikleri keza deneysel çalışmalarda gözlenmiştir. Karışım içinde tane dağılımının irileşmesi halinde heterojen akım söz konusu olabilir. Bu akımda iri taneler boru kesitinin alt kısmında birbirleri üzerinde kayarak hareket ederler iken, malzemenin ince aksamı ise, boru kesitinin üst kısmında homojen akım karakterine benzer tarzda taşınır. (Şekil : 6b). Basınç düşümü hız eğrisinden dikkat edildiği gibi heterojen akımda karışımın basınç düşümü minimum olmaktadır. Taneler daha da irileşmesi veya karışım hızının daha da azaltılması ile taneler boru tabanına çökerek, şekilde görüldüğü gibi boyuna kesitleri eskibe benzeyen tabaka oluştururlar. (Şekil : 6c). Taneler bir eskibeden diğerine süpürülerek hareket ederler. Eğer karışım hızı

belirli bir değerin altında ise, bütün taneler çökerek boru kesitinin tamamını tıkarlar. (Şekil : 6d). Blokaj rejiminde, katı madde nakli mümkün değildir.

Az çok uniform tane granulometrisi ve yüksek karışım hızlarında ramble malzeme akımının heterojen rejimde gerçekleştiği söylenebilir.

#### 4.2 Tarifler

Bu bölümde karışım basınç düşümü ile ilgili bazı büyüklüklerin tarifleri kısaca verilecektir.

##### 4.2.1 Tane ve Nakil Hızı

Basınçlı hava ile taşınan tanelerin hızı taşıyıcı ortamın özgül ağırlığına ve hızına; tanelerin boyut, şekil ve özgül ağırlığına bağlıdır. Hava hızı tane hızından büyük olduğu zaman; tane, hava girdabı ile hareket edecektir. Tanelerin hareket etmeğe başladıkları hava hızına kritik nakil hızı denir. Amprik olarak, kritik nakil hızı tane serbest - çökme hızının 0,70'tir. (14)

Akışkanlar mekaniğinden bilindiği gibi, küre şeklindeki bir tanenin serbest - çökme hızı

$$V_{\varphi} = \sqrt{\frac{4}{3} (S - 1) \frac{gd}{c_D}} \dots\dots\dots (1a)$$

ifadesi ile bellidir.

Burada

V.....Tane serbest çökme hızı, m/sn

$\varphi$

S.....Katı madde özgül ağırlığının «  $\gamma_r$  » havanın özgül ağırlığına «  $\gamma_h$  » oranı,  $S = \gamma_r / \gamma_h$

g.....Yerçekim ivmesi, g = 9,81 m/Sn<sup>2</sup>

d.....Tane çapı, m.

c.....Sürüklenme katsayısı, turbalanslı rejiminde yaklaşık olarak  $c_D = 0,45$  alınabilir. (15))

**D**

Yukarda kabul edilen sabit değerler ile (1a) ifadesi

$$V_{\varphi} = 5,39 \sqrt{d(S-1)} \dots\dots\dots (1b)$$

şeklinde basitleştirilebilir.

Denschl'un araştırma sonuçlarına göre gayrı muntazam şekilli bir tanenin çökme hızı aynı hacim ve özgül ağırlıktaki bir küre tanenin çökme hızından daha düşüktür.

$$\frac{\text{Gayrı muntazam şekilli tanenin çökme hızı}}{\text{Küre tanenin çökme hızı}} = 0.63 \quad (14)$$

Buradan, pnömomatik ramble operasyonunda kullanılan malzeme şekli için çökme hızı

$$V_{\varphi} = 3,40 \sqrt{d(S-1)} \dots\dots\dots (1c)$$

bulunur.

Çökme hızının bilinmesiyle, kritik nakil hızı « $V_k$ » derhal ifade edilebilir.

$$V_k = 0,7 V_{\varphi} \approx 2,38 \sqrt{d(S-1)} \dots\dots\dots (2)$$

Normal işletme şartları altında ramble malzeme naklinin devamlı sağlanabilmesi için ibasınçlı hava hızı kritik nakil hızından 3 - 4 misli büyük olmalıdır. Bu takdirde, basmçlı hava hızı « $V_h$ »

$$V_h = (3 \sim 4) V_k \approx (7,14 \sim 9,52) \sqrt{d(S-1)} \dots\dots (3)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

Gasterstaedt, yaptığı araştırmalar sonucunda yatay boruda gayrı muntazam şekilli tanelerin hızını; hava hızı ve tane çökme hızı cinsinden aşağıdaki şekilde ifade etmiştir :

$$V_r = V_h - 0,63 V_{\varphi} (0,17 + 0,0121 V_h) \dots\dots\dots (4)$$

$V_r$  ..... Tanelerin boru şebekesindeki hızını göstermektedir

Bağıntıdan görüldüğü gibi tanenin hızı belirli bir tane boyutu için, basınçlı hava hızı ile lineer şekilde artmaktadır. (14)

#### 4.2.2. Yükleme Oram

Pnömatik ramble operasyonunda kullanılan diğer bir büyüklük te yükleme oranı olup; nakil edilen ramble malzeme miktarının basınçlı hava miktarına oranıdır. (14)

$$R = \frac{T_r}{T_h} \dots\dots\dots (5a)$$

Burada

- R.....Yükleme oranı
- T.....Ramble malzeme miktarı, kg/saat
- T<sub>h</sub>.....Basınçlı hava miktarı, kg/saat
- T<sub>h</sub> değeri, süreklilik ifadesi yardımıyla
- $T_h = Q_h \cdot \delta_h = V_h \cdot F \cdot \delta_h = 3600 \cdot 0,785 D^2 V_h \delta_h$
- $\delta_h = 1,28 \text{ kg/m}^3$  (Normal şartlarda)

$$T_h = 3617 D^2 V_h \dots\dots\dots (6)$$

dir. (6) eşitliği ile yükleme oranı

$$R = 0,00027 \frac{T_r}{D^2 V_h} \dots\dots\dots (5b)$$

şeklinde elde edilebilir.

Burada

- D.....Boru çapı (m), V<sub>h</sub>..... Basınçlı hava hızı (m/sn)

#### 4.3. Karışımın Basınç Düşümü

Literatürde karışımın akımından dolayı boru şebekesinde meydana gelen basınç düşümünü veren birçok ampririk formüller mevcut olup,

büyük çoğunluğu Kimya Mühendisliğinde kullanılan proses ve malzemeler için geçerlidirler (17), (18), (19), (20).

Maden Mühendisliğinde ramble malzemesinin basınçlı hava ile nakli konusu üzerinde ilk detaylı deneysel araştırmalar 1952 yılında Georg Peter adında bir Alman mühendisi tarafından yapılmıştır. Araştırmada sürtünmeden dolayı meydana gelen basınç düşümü ilâve enerji metodu ile ifade edilmekte ve pnömatrik ramble projesinin en önemli problemi-ne pratik çözüm bulmaktadır.

Peter (1952)'de ramble malzemesi - basınçlı hava karışımının boru şebekesinde nakli ile meydana gelen basınç düşümünü

$$\Delta P_k = \sqrt{\frac{1,84}{10^{12}} \frac{L Q_h^2}{D^5} + P_2^2 - P_2} (\text{Rtg } \alpha + 1) \dots (7)$$

$\Delta P_h$

bağmtısıyla ifade etmiştir. (14)

Burada

$\Delta P_k$  . . . . . (Ramble + basınçlı hava) karışımın toplam basınç düşümü, atü  $\Delta P_k = P_1 - P_2$

$\Delta P_h$  .. . . . Sadece basınçlı havanın akmasmdaş dolayı meydana gelen basınç düşümü,

$P_1$  . . . . . Makina giriş basıncı, kg/cm<sup>2</sup> (üfleme basıncı)

$P_2$  . . . . . Boru şebekesi sonundaki basınç, kg/cm<sup>2</sup>

$\lambda$  . . . . . Boru sürtünme kat sayısı, Peter'in araştırmalarında esaplanan değerler boru çapma bağıli olarak aşağıda verilmiştir (14) ,

D (mm)	$\lambda$
150	0,016
175	0,015
200	0,014

Q<sub>h</sub> ..... Basınçlı havanın debisi, m<sup>3</sup>/saat

R ..... Yükleme oranı, (5b) ifadesi ile bellidir.

$t_p \propto$  ..... Amirik sayı olup, değeri  $t_p \propto = f(D, Q_h)$  i y o -  
nundan elde edilir. (14), sahife 818)

L ..... Toplam boru uzunluğu m, Makina ve dirseklerden  
dolayı meydana gelen lokal basınç düşümü düz boru  
uzunluğu cinsinden ifade etmek daha pratiktir. Bu  
takdirde, toplam boru uzunluğu  $L = L_g + L_i$  olmak-  
tadır. Burada;

L<sub>g</sub> ..... Boru şebekesinin geometrik uzunluğu, m.

L<sub>i</sub> ..... Lokal basınç düşümüne tekabül eden düz boru uzun-  
luğu, m. Ramble projelerinde genellikle «L<sub>i</sub>» değer-  
leri için kabul edilen değerler Tablo : 2'de verilmiştir.

L<sub>i</sub> (m)

Makina	45
30° lik dirsek	30
60° » »	50
90° » »	75

(Tablo : 2)

(\*) Fransa'da yapılan araştırmalar sonucunda kullanılan makina cinsine  
bağlı olarak makina giriş basıncı ile toplam boru uzunluğu ve üflenen  
ramble miktarı arasında aşağıda verilen amirik bağıntılar saptanmış-  
tır. (21)

$$\text{KZS 250 } \quad P_1 = 0,254 + \frac{0,234}{10^4} L T_r \quad , \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{KZS 150 } \quad P_1 = 0,866 + \frac{0,356}{10^4} L T_r \quad , \text{ kg/cm}^2$$

Burada L (m), F<sub>r</sub> (t/saat) alınacaktır.



Pratikte genellikle makinanın konumu basınç düşümüne bağlı olarak saptanması istenir. Bu takdirde, (7) ifadesinden «L» toplam boru uzunluğu çekilirse

$$L = \left[ \frac{\Delta P_k}{(1 + R \operatorname{tg} \alpha) \sqrt{\frac{1,84 \cdot \lambda \cdot Q^2}{10^2 \cdot D^5} + P_2^2 - P_1^2}} \right] \dots \dots \dots (8)$$

bulunur. (14)

#### 4.4. Nümerik Misal

Geometrik ve teknik verileri aşağıda belirtilen bir uzunayakta pnömomatik rambe uygulanacaktır. Ramble makinasının seçimi ve konumunun tespiti istenmektedir.

Damar kalınlığı  $a = 2,5 \text{ m.}$

Vardiya sonunda ilerleme mesafesi  $b = 1,20 \text{ m.}$

Ayak uzunluğu  $La = 140 \text{ m.}$

Ramble faktörü  $K = 0,8$

Ramble malzemesinin gevşek haldeki yoğunluğu  $\rho_r = 1,8 \text{ t/m}^3$

Ortalama tane büyüklüğü  $d = 4 \text{ m.}$

Ramble operasyon süresi  $t = 3,5 \text{ saat/vardiya}$

#### Ramble Makinasının Kapasitesi :

Ayak üretimi  $T = a \cdot b \cdot L \cdot \rho_k = 2,5 \cdot 1,20 \cdot 140 \cdot 1,3 = 5461/\text{vardiya}$

Gerekli ramble malzeme miktarı  $T_r = \frac{\rho_r}{\rho_k} \cdot T = \frac{1,8}{1,3} \cdot 0,8 \cdot 5461 = 604,8 \text{ s } 605 \text{ t/vardiya}$

Saatteki ramble miktarı  $T_r = \frac{605}{3,5} \approx 173 \rightarrow 180 \text{ t/saat}$

Saatteki ramble debisi  $Q_r = 100 \text{ m}^3/\text{saat'dir.}$

KZ 120 ramble makinasının seçimi kapasite şartı bakımından uygun olmaktadır.

### Basıncı Hava Hızı ve Debisi :

(3) formülünden, b. hava hızı

$$V_h = 8,33 \sqrt{0,04 \left( \frac{250}{1,28} - 1 \right)} = 73,60 \text{ m/sn}$$

bulunur. *Debi*, süreklilik ifadesinden

$$Q_h = V_h \cdot F; F = 0,785 D^2$$

(KZ 120 tipi ramble makinasına tekabül eden boru çapı  $D = 0,175$  m. dir.)

$$Q_h = 3600 \cdot 73,60 \cdot 0,785 \cdot 0,175^2 = 6370 \text{ (m}^3\text{/saat) hesaplanır}$$

### Basıncı Düşümünün Hesaplanması :

Yükleme oranı (5a) formülünden

$$R = \frac{180000}{8153} = 22, \text{ ve } Q_h = 6370 \text{ m}^3\text{/saat, } D = 0,175 \text{ m. değerleri için}$$

(14) referansında  $tg \alpha = 0,06$  elde edilir.

Makina giriş basıncı (üfleme basıncı)  $P_1 = 3,5 \text{ kg/cm}^2$  kabul edilecektir. Bu takdirde karışımın basıncı düşümü

$$\Delta P_k = P_1 - P_2 = 3,5 - 1,1 = 2,4 \text{ kg/cm}^2\text{dir.}$$

(8) formülünden, verilen ve hesaplanan değerler için toplam ramble boru uzunluğu

$$L = \frac{2,4}{(1 + 22 \cdot 0,06) \sqrt{\frac{1,84 \cdot 0,015 \cdot 6370^2}{10^{12} \cdot 0,175^5} \frac{1,1^2}{1,1 - 1,1}}} \approx 330 \text{ m}$$

### Ramble Makinasının Konumu:

Uygulamada taban yolu-ayak giriş bağlantısında 1 adet 90° lik dirsek kullanıldığı düşünülürse, lokal kayıplara tekabül eden düz boru uzunluğu

90°'lik dirsek için .....75 m,

Ramble makinası için .....45 m.

$$L_1 = \overline{120 \text{ m.}} \text{dir.}$$

Ayak uzunluğunun  $L = 140$  m. olduğu gözönüne alınır, ramble makinası taban yolu — ayak bağlantısından  $L - (L_1 + L_a) = 330 - (120 + 140) = 70$  m. geriye yerleştirilebilir.

## 5. SONUÇ:

Son yıllarda pnömatik ramble sistemi ile yürüyen tahkimatın kombinasyonu çalışmaları pnömatik ramble tekniğinin gelişmesine yardımcı olmuştur. Uygulamada boru şebekesinin hızla ilerleyen arını takip etmesi isteği, pnömatik ramble sisteminde önemli değişikliklerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Büyük kapasiteli pnömatik ramble makineleri, boru şebekesine bağlanan teleskopik borular ve yan aktarıcılarla bu istek gerçekleştirilmiştir.

Günümüzdeki taşkömür madenciliğinin sorunları genel olarak gözönüne alındığında, rambleli sistemin göçertmeli sisteme karşı üstünlükleri açık olarak görülmektedir. Bilhassa, kalın damarların tam üretimi ve üretim derinliğinin artması ile tahkimat problemlerinin önem kazanması, lavvar artıklarının nakliye ve stoklama maliyetlerinin yükselmesi, üretim alanlarının genellikle büyük yerleşme merkezlerinin altında bulunması pnömatik ramble uygulamasını gerekli kılmaktadır. (22), (23).

## Referanslar:

- 1 — BİRÖN-C. — ARIOĞLU, E. : G.L.I. Soma Bölgesi için Betonarme Suni Tavanlı Rambleli İşletme Projesi. T.B.T.A.K MAG - 240 Projesi
- 2 — MEHFHOFF, S. — VOSS, K. H. : Di zukünftige Bedetung des Voll - versatzes für den bundesdeutsben Steinkohlenbergbau. Glückauf No : 7, Sayfa : 317/322, 112 (1976)
- 3 — RAUGER, G. — VOSS, K.H. : Blasversatz 1976. Verlag Glückauf GmbH Essen (1976)
- 4 — FRITZSCHE, C.H. : Lehrbuch der Bergbaukunde. Springer-Verlag, Erster Band, (1960)
- 5 — VOSS, H.K. : Der Leistungsstand von Blasversatzsreben im deutschen, fransözischen, und belgischen Steinkohlenberbau.' Glückauf No : 14, Sayfa : 609/617, 104 (1968)

- 6 — MEYER, A. — HOPPSTADTER, W. : Betriebserfahrungen mit Schreitausbau und Blasversatz in flacher Lagerung. Glückauf No : 20, Sayfa : 984/992, 106 <1970)
- 7 — Bäschinenfabrik Karl Brieden Co. Katalogları (1976)
- 8 — SÎNGH, M.M. — COURTNEY, W.J. : Feasibility of Pneumatic Stowing in United States Coal Mine. Transactions of the Society of Mining Engineers of AIME, No : 3, Vol : 258, September (1975)
- 9 — GÜNEY, M- • Ramble Metodları ve Zonguldak Kömür Havzasındaki Tatbikatı. E.K.İ. Etüd Kütüphanesi (Yayınlanmamış rapor)
- 10 — WEN, C.Y. : Flow Characteristics in Solit-Gas Transportation System Proceedings. Pneumatic transportation of solids, Bureau of Mines Information Circular No: 8314 (1966)
- 11 — WEN, C. Y. : SIMONS, H.P. : Flow Characteristics in Horizontal Fluidized Solids Transport. AIChEJ, Vol : 5, Juna (1959)
- 12 — OWEN, PH. : Pneumatic Transport. J. Fluid Cech., Vol : Part 2 (1969)
- 13 — CAULSON, J. M. — RICHARDSON, J. F. : Chemical Engineering. Vol : II, Unit Operations, Second Edition, Pergamon Press (1968)
- 14 — PETER, G. : Messungen an Blasversatzmaschinen zur Klärung der Zusammenhänge zwischen Blasleistung, Leitunglänge, Luftmenge und Luftdruck. Glückauf No: 33-34, Sayfa 807/819, 88 (1952)
- 15 — ÖZGÜR, C. : Deneysel Hidromekanik. İ.T.Ü Kütüphanesi No: 660, (1966)
- 16 — JAREBEK-F — HARTMAN, H. : Mine Mackfilling with Pneumatik Stowing. Pari I, Mining Congress Journal, May (1966)
- 17 — BARTH, W. : Strömungstechnische Probleme bei der Förderung von Staub-Luft-Gemischen. Mitt. VGB, Sayfa: 238/244, 79 (1960)
- 18 — BARTH, W. : Absetzung, Transport und Wiederaufwirbelung von staubförmigen Gut im Luftstrom. Chemie Ing. Tech (1963/3)
- 19 — VITUNAG EDWARD, A.: Considerations in the Selection of a Pneumatic Conveying System. Mining Engineering, May (1968)
- 20 — ADAM, O. : Feststoffbeladene Luftströmung hoher Geschwindigkeit. Chem. Eng. Tech., Vol : 29, Januar (1957)
- 21 — SANYAS» M. — BROCVHE, J. — PELLISSIER, P. : Blasversatzversuche in der Übertageversuchssfation der Kohlenbergwerke des Lothringer Beckens. Teknik Rapor, 5/67,Charbonnages De France, 1968))
- 22 — BİRÖN, C. : Denizaltı Kömür İşletmeciliği ve Kozlu Bölgesine Tatbikiyeti. E.K.I. İnsan Gücü Eğitim Müdürlüğü Yayını No: 11, (Doçentlik Tezi), (1964)
- 23 — BİRÖN, C. : Maaenlerde Tahkimat İşleri İ.T.Ü.M.M.F. Sayı : 83, (1971)