

Orta Anadolu Pomza Oluşumlarının Endüstriyel Olarak Kullanılabilirlik Ölçütleri

L.Gündüz

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İsparta.

İ.Yılmaz

Soylu Endüstriyel Mineraller A.Ş., Nevşehir Bölge Müdürü, Nevşehir.

ÖZET : Pomza taşının kullanımı, günümüz teknolojisinde farklı endüstri alanlarında giderek artan bir eğilim sergilemektedir. Pomza, çoğunlukla inşaat sektöründe hafif yapı elemanı olarak kullanılmaktadır. Ancak, pomza taşının gerek kimyasal gerekse yapısal oluşum şekillerine bağımlı olarak, kullanımı değişik alanlarda gelişmektedir. Bu bildiriye, Orta Anadolu bölgesinde yer alan pomza oluşumları üzerine yapılan bir ArGe çalışmasının bulgularından, doğal bir hammadde olarak farklı endüstri alanlarında pomza kullanımının bilinmesi gerekli teknik özellikleri, ayrıntılı olarak verilmiştir.

ABSTRACT : In current technology, the usage of pumice stone shows a gradually rising trend in different industrial areas. In majority, it is used as a lightweight building material in civil structuring sector. However, its usage areas are getting world wide based on its chemical component and also structural formation status. In this paper, according to the research findings carried out on the pumice formations located in Central Anatolia region, the technical properties required for the pumice stone as a natural raw material in different industrial areas were presented in detail.

1 GİRİŞ

1990'lı yıllarda teknolojik özellikleri ve birçok * endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajlara sahip olan pomza taşı, giderek artan bir eğilimle farklı endüstri dallarında yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. İnşaat sektöründe son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artması, ziraat sektöründe özellikle seracılıkta doğal, bünyesinde toksik madde içermeyen ve yüksek oranda gözenekli yapıya sahip olan kayaların nem dengeleyici bir malzeme olarak kullanımı vb. gibi spesifikasyonları nedeni ile, pomza taşının kullanım alanları giderek artmaktadır. Diğer taraftan, ısı-ses izolasyonu ve özgül ağırlığı bakımından normal betona nazaran avantajlara sahip olan hafif beton, hızla artan bir kullanım alanı trendi göstermiştir. Deneysel ve gözlemsel analiz tekniklerindeki son gelişmelerin ışığında, pomza oluşumları üzerinde yapılan fiziko-kimyasal ve tekno-mekanik analiz değerlendirmelerinde, pomza taşının daha farklı endüstri alanlarında kullanımı gündeme gelmiştir. Bunlara örnek olarak; karayolu buzlanmalarında, demiryolu inşaatlarında, hidrolik çimentolamada, aşındırıcı endüstrisinde, boya imalinde, kimya sanayisi, seramik endüstrisinde, gübre üretiminde ve daha birçok alanda kullanıldığı

görülebilmektedir. Ancak ne var ki, pomza taşı oluşumları üzerine, ocak üretiminden fabrikalarda işlenmesi süreci de dahil, ülkemizde henüz yeterince araştırma-geliştirme çalışmaları arzu edilen seviyelere ulaşamamıştır. Ülkemizde geniş bir oluşum dağılımı gösteren bu değerli endüstriyel hammadde kaynağımızın, optimum şartlarda en ideal olarak nasıl ve hangi ölçütlerde farklı endüstri dallarındaki kullanımı üzerine detay analiz ve irdelemeleri yapılmalıdır. Pomzanın fiziksel, kimyasal ve tekno-mekanik özellikleri, ülke ekonomisi ve madencilik faaliyetleri açısından hammadde değerlendirme hususunda son derece önemli bir konu olmuştur.

Pomzanın çeşitli endüstri alanlarda farklı amaçlarla kullanımı ve uygulamalarında, malzeme karakteristiği ile ilgili tüm detay bilgilerin önceden bilinmesi gerekmektedir. Bu açıdan, pomza kullanımı öncesi malzeme seçiminde, malzemenin iç yapı özellikleri ve fiziksel karakteristiğinin, kullanım yerine uygunluğu, pomzanın parametrik verilerine bağımlı olarak bir irdeleme ile tanımlanabilecektir. Bu da, pomzanın karakteristiği ve malzeme özelliklerinin hangi ölçütlerde değişim gösterdiği sorusunu gündeme getirmektedir. Şüphesiz bu inceleme, yoğun bir deneysel ve gözlemsel analize dayanmaktadır. Bu soruna bir ışık

tutmak ve pomzanın karakteristik özelliklerinin tanımlanması amacı ile SDÜ Pomza Teknolojisi Laboratuvarında üniversite-sanayi işbirliği çerçevesinde TÜBİTAK destekli TİDEB 99.0162 No'lu sanayi projesi kapsamında, Orta Anadolu bölgesi pomza oluşumlarının detay mühendislik özellikleri analiz edilmiştir. Bu makalede, farklı endüstri alanlarında pomza kullanımı için önemle bilinmesi gerekli özellikler özetle tanımlanmış ve kullanım yerlerine uygunluk ölçütleri yorumlanmıştır.

2 POMZA NEDİR

Pomza, volkanik faaliyetler esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi aniden terk etmesi sonucu, oldukça gözenekli bir yapı içeren ve dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber, ülkemiz endüstrisine son yıllarda girmeye başlamış ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir kayadır. Gözenekleri birbirleriyle bağlantısız olup, bu özelliğinden dolayı ısı ve ses iletkenliği oldukça düşüktür. İçerdiği gözenekler gözle görülebilecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar sayısız olup, her biri diğerinden camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, yalıtımı yüksek bir kayadır.

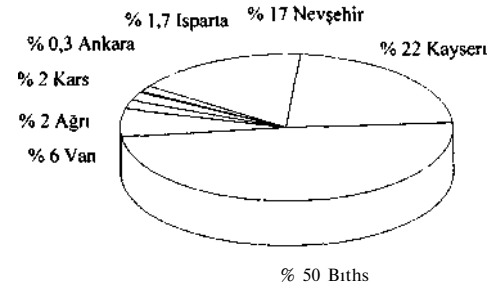
Pomza, kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camsı kayalardan (perlit, obsidyen, peks-tayn), rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılabilir. En çok renk benzerliği/yakınlığı ve kimyasal bileşimi bakımından perlit ile karıştırılmakta olup, bazı durumlarda perlitten ayırt edilmesi zorlaşabilmektedir. Pomzalı perlit/pomzatic perlit veya perlitik pomza olarak adlandırılabilen geçişli kayalarla petrografik analizle ve gözenek yapısı itibarıyla ayrılabilir (Gündüz 1998a).

Sertliği Mohs içeriğine göre 5,5-6 civarında olup, bünyesinde kristal suyu bulunmamaktadır. Kimyasal olarak tesirsiz olup, genel olarak kimyasal bileşimi şu şekildedir: %60-75 SiO₂, %13-17 Al₂O₃, %1-3 Fe₂O₃, %1-2 CaO, %7-8 Na₂O-K₂O ve eser miktarda TiO₂ ve SO₃ bulunmaktadır. Asidik ve bazik volkanik faaliyetler neticesinde iki tür pomza oluşmaktadır. Bunlar, asidik pomza ve bazik pomzadır. Diğer bir deyişle, bazik pomzaya bazaltik pomza veya Scoria da denilmektedir. Bazaltik pomza koyu renkli, kahverengimsi, siyahımsı bir görünüme sahip olup, birim ağırlığı 1000-2000 kg/m³ arasında değişmektedir. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan türü, asidik pomza olup, beyaz, kirli beyaz ve açık grimsi renklere görünmektedir. Asidik magmanın yoğunluğu bazik magmaya göre daha düşük olup, asidik karakterdeki pomzanın birim ağırlığı, gözeneklilik yapısına ve iç yapı karakteristiğine göre 200 - 1000 kg/m³ arasında değişim göstermektedir.

Kayacın içerdiği SiO₂ oranı, kayaca aşındırıcılık özelliği kazandırmaktadır. Bu yüzden çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergilemektedir. Al₂O₃ bileşimi ise, ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırmaktadır. Na₂O ve K₂O tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineralleri olarak bilinmektedir (Gündüz 1998a).

3 TÜRKİYE'DE POMZA VE KULLANIMI

Türkiye, pomza rezervleri bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. MTA kaynaklarına göre, araştırılmış alanlarda yaklaşık 3 milyar metreküp pomza rezervi olduğu tahmin edilmektedir gösterilmiştir (Gündüz 1998a). Pomza rezervlerinin İç Anadolu bölgesinde yoğunlaşmış olmasına karşın, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de önemli derecelerde pomza oluşumlarına rastlanmakta ve üretim faaliyetleri yapılmaktadır. Dünyada pomza rezervleri bakımından önemli bir yeri olan Türkiye, 10" a varan renk ve doku kalitesine sahip pomza çeşitleri ile oldukça yüksek bir pazar şansına sahiptir. MTA Genel Müdürlüğü'nce ülke çapında yapılan pomza ile ilgili detay jeolojik etüd çalışmalarından elde edilen bilgilere göre ülkemizde varlığı bilinen pomza yatakları ve bunların rezerv durumları Çizelge 1'de verilmiş olup, rezerv dağılımları Şekil 1'de gösterilmiştir (Gündüz 1998a).



Şekil 1. illere göre pomza dağılımı

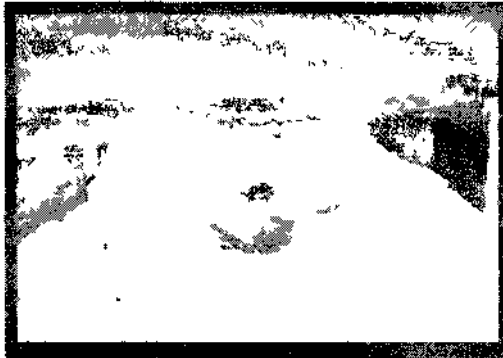
Ülkemizde pomza madenciligi, açık ocak işletmeciliği şeklinde yürütülmektedir. Üretilen cevherin yaklaşık %80'i ülke içinde, genelde hafif yapı elemanı, briket ve izolasyon malzemesi olarak tüketilmekte, kalan %20'sinin büyük bir bölümü ise farklı endüstri alanlarında değerlendirilmek üzere ihraç edilmektedir. Hammadde üretim faaliyetlerinin çoğunluğu, Orta Anadolu bölgesinde, özellikle Kayseri ve Nevşehir bölgelerinde bulunmaktadır. Pomza ocakları, açık ocak maden işletmeciliği şeklinde gerçekleştirilmekte olup, yatağın konumu ve morfolojisine bağımlı olarak, farklı üretim prosesleri tasarlanarak uygulanabilmektedir. Şekil 2 ve Şekil 3'de SEM kuruluşuna ait pomza açık ocak işletme teknikleri görülmektedir.

Çizelge 1 Türkiye pomza rezerv dağılımı

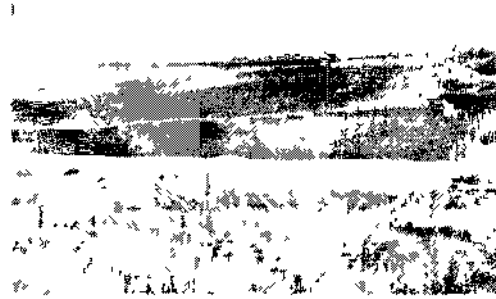
| VERGİ | REZERV MİKTARı (m ³) | REZERV KATEGÖRİ |
|--------------------------------|--|--------------------|
| Nevşehir-Avanos-Ürgüp | 400 412 834 | A+B |
| Dennkuyu | 48 660 500 | C |
| Kayseri-Gomeç | 13 250 000 | A+B |
| Kaysen-Develi | 58 500 000 | A+B |
| Kaysen-Talas-Tomarza | 241 000 000 | A |
| Kaysen-Talas-Tomarza | 284 000 000 | B |
| Bitlis-Tatvan | 1 100 000 000 | A+B |
| Bitlis-Ahlat | 210 000 000 | A+B |
| Van-Erciş-Kocapınar | 154 625 000 | A+B |
| Van-Mollakasım | 5 950 000 | A+B |
| Ağrı-Patnos | 27 812 000 | A+B |
| Ağrı-Doğubeyazıt | 26 875 000 | A+B |
| Kars-Iğdır-Kavaktepe | 40 156 250 | B |
| Kars-Diğor | 11718 750 | B |
| Kars-Sankamış | 1 875 000 | B |
| Ankara-Gudul-Tekkoy | 8 070 000 | A+B |
| Isparta-Golcuk(*) | 30 983 250 | A+B+z |
| TOPLAM(A+B+C)(m ³) | | |

A Gorumur Rezerv, B Muhtemel Rezerv, C Mumkun Rezerv
(*) MTA pomza envanterine Isparta ve yöresi pomza > ataklarından sadece Gölcük yöresi yatakları dahil edilmiştir
z Mumkun rezerv bilinmemektedir

Ülkemizde üretilen pomza taşı, kalite açısından sert ve yumuşak olarak değerlendirilmektedir. Sert pomza olarak nitelendirilen, Kayseri Develi mevkiinde, yumuşak olarak nitelendirilen ise Ürgüp, Nevşehir ve Aksaray bölgelerinde bulunmaktadır. Bu değerlendirme, pomza yataklarının ihrac kabiliyetine sahip tekstil sanayiinde kullanılan cinsleri için yapılmakta, inşaat sektörünün kullandığı pomzalarda ise homojen tane yapısı ve gang minerallerinden zenginleştirilmiş durumuna göre değerlendirilmektedir.



Şekil 2 Pomza açık ocak maden işletmeciliği (Yılmaz 2000)



Şekil 3 Pomza açık ocak maden işletmeciliği (Yılmaz 2000)

4 ORTA ANADOLU POMZALARININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE BİR ANALİZ

Orta Anadolu bölgesi pomza oluşumlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile Kayseri ve Nevşehir bölgesinde SEM üretim ocaklarından alınan pomza örneklerinin teknik incelemeleri SDÜ, Pomza Teknolojisi Laboratuvarında üniversite-sanayi işbirliği çerçevesinde TÜBİTAK destekli bir sanayi projesi kapsamında detay olarak analiz edilmiştir.

Nevşehir ve Kayseri yöresi pomza örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizlerde, pomza taşı için ortalama kimyasal bileşenler ve değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Nevşehir ve Kayseri yöresine ait pomzaların kimyasal özelliklerinin oluşumunda en etkin bileşen SiO₂ olup, pomza oluşumlarının asidik karakteristik gösteren türler olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2 Pomza örneklerinin kimyasal bileşimi

| Bileşen | Nevşehir (%) | Kayseri (%) |
|--------------------------------|--------------|-------------|
| SiO ₂ | 74.10 | 68.50 |
| Al ₂ O ₃ | 13.45 | 14.90 |
| Fe ₂ O ₃ | 1.40 | 3.10 |
| CaO | 0.7 | 2.90 |
| Na ₂ O | 3.70 | 4.10 |
| K ₂ O | 4.10 | 2.75 |
| MgO | 0.35 | 0.95 |

Nevşehir ve Kayseri bölgelerine ait pomza örneklerinin, farklı endüstri alanlarında endüstriyel bir hammadde olarak kullanılabilirliğinin etüdü için, pomzanın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, büm ağırlık, özgül ağırlık, gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık, granülometrik bileşim, granülometrik dağılım, kompasite (doluluk oranı), su emme, zamana bağımlı su emme değişimi, donmaya karşı dayanım, zararlı maddeler, kil topakları, yanıcı maddeler ve yangına karşı dayanım, ısı iletimi gibi özellikleri deneysel analizlerle irdelenmiştir.

4.1 Özgül Ağırlık ve Birim Ağırlık Analizi

Özgül ağırlık, pomza tanelerinin işgal ettiği gerçek birim hacimdeki ağırlık değeri olarak tanımlanmaktadır. Pomza oluşumlarının özgül birim ağırlık değerleri, TS 3526'da belirtilen esaslara göre deneysel olarak belirlenmiş olup, ortalama olarak değerleri şu şekildedir:

Nevşehir Bölgesi : 2327 (kg/m³)
Kayseri Bölgesi : 2206 (kg/m³)

Pomzanın birim ağırlığı ise, belirli bir hacmi dolduran pomza tanelerinin oluşturduğu ağırlık olarak tanımlanmaktadır. Pomza oluşumlarının birim ağırlık değerleri, TS 3529 ve DİN 4226'da belirtilen esaslara göre, tüvenan ve tane boyut dağılımları için ayrı ayrı analiz edilmiş olup, parametrik bulgular Çizelge 3'de verilmiştir.

Herhangi bir boyut fraksiyonuna ayırmaksızın ve zenginleştirmeye tabii tutmaksızın, tüvenan pomza oluşumlarının gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerleri incelendiğinde, Çizelge 4'de verilen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 3. Pomza birim ağırlık defterleri.

| Boyut Aralığı (mm) | Nevşehir Bölgesi | | Kayseri Bölgesi | |
|--------------------|---|--|---|--|
| | Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) | Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) | Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) | Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) |
| >32 | 319 | 328 | 248 | 271 |
| 16-32 | 408 | 441 | 286 | 317 |
| 8-16 | 502 | 555 | 331 | 371 |
| 4-8 | 594 | 669 | 382 | 434 |
| 2-4 | 688 | 783 | 442 | 508 |
| 1-2 | 780 | 895 | 510 | 595 |
| 0,5-1 | 873 | 1010 | 589 | 697 |
| 0,25-0,5 | 966 | 1124 | 680 | 815 |

Çizelge 4. Pomza gevşek - sıkışık birim hacim ağırlık defterleri.

| Pomza Yöresi | Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) | Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³) |
|--------------|---|--|
| Nevşehir | 600 | 681 |
| Kayseri | 447 | 533 |

4.2 Su Emme ve Kompasite (Doluluk Oran) Analizi

Pomza agregalanndaki nem, tanelerin birbirleri arasındaki sürtünmesini etkilemesi sebebiyle, birim ağırlık değerinin değişmesine neden olmaktadır. Bu bakımdan, pomza agregalarının su emme kapasiteleri, su emme hızları ve içinde bulundurduğu nem yüzdesi, birçok endüstri alanında

kullanılabilirlik kriterlerini oluşturmaktadır. Ayrıca, pomza tanelerinin kompasitesi, tanelerin struktur yapıdaki doluluk oranı, agreganın su emme kapasitesine etki eden diğer bir faktördür. Bu faktör, pomzanın birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerlerine bağımlı olarak tanımlanabilmekte ve gerçek kompasite ve görünür kompasite olarak iki ayrı kategoride irdelenebilmektedir. Pomza örneklerinin su emme kapasiteleri ve kompasite değerleri, ASTM C-127/42 ve C-128/57 standartlarında belirtilen esaslara göre analiz edilmiş olup, boyutlandırılmış pomza taneleri için parametrik değerler Çizelge 5'de verilmiştir. Pomza agregalarında genelde arzu edilen 24 saatlik su emme yüzdeleri, ince agregada %20, iri agregada ise %30 civarındadır. Ancak, bu değerler, agreganın sağlandığı yere, granülometresine, tane şekline ve yüzey yapısına göre değişmektedir. Malzemede su ve nem alma yönünden yeterli koruyucu önlemler alındığında, su emme oranı açısından pomza taneleri, çoğu endüstri alanlarında kullanılabilirler.

Çizelge 5 Pomzaların su emme değer değişimi

| Boyut Aralığı (mm) | Nevşehir Bölgesi | | Kayseri Bölgesi | |
|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| | Su Emme Oranı (%) | Görünür Doluluk Oranı (%) | Su Emme Oranı (%) | Görünür Doluluk Oranı (%) |
| >32 | 54 | 13.19 | 59.10 | 45.10 |
| 16-32 | 46.1 | 24.92 | 53.93 | 48.28 |
| 8-16 | 39.34 | 34.29 | 48.77 | 51.49 |
| 4-8 | 33.58 | 40.18 | 43.61 | 54.66 |
| 2-4 | 28.67 | 43.49 | 36.57 | 57.88 |
| 1-2 | 24.48 | 45.25 | 33.28 | 61.11 |
| 0.5-1 | 20.89 | 46.15 | 28.11 | 64.32 |
| 0.25-0.5 | 17.83 | 46.63 | 22.95 | 67.54 |

4.3 Porozite ve Doyma Derecesi Analizi

Pomza tanelerinin porozitesi için iki ayrı tanımlama yapılabilmektedir. 1)- Görünür porozite, 2)- Gerçek porozite. Pomza tanelerinin görünür porozite değeri ya hacimce su emme oranından ya da hacim kütle ve kütlece su emme oranı değerinden belirlenebilmektedir. Gerçek porozite değeri ise, pomzanın ortalama hacim ağırlığı ve ortalama özgül ağırlığının bir fonksiyonu olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir önemli fiziksel özellik ise, doyma derecesi parametresidir. Bu değer, pomza tanelerinin toplam boşluklarının ne oranda su ile dolduğunu göstermektedir. Bu da, malzemenin donmaya karşı dayanıklılığının incelenmesi açısından önem taşımaktadır. Pomza örneklerinin porozite ve doyma derecelerine ait parametrik değerler, Çizelge 6 ve Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 4 Pomza örneklerinin porozite değerleri.

| NEVŞEHİR BÖLGESİ | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Boyut Aralığı (mm) | Görünür Porozite (%) | Gerçek Porozite (%) | Doyma Derecesi (%) |
| >32 | 86.81 | 89.17 | 60.55 |
| 16-32 | 75.08 | 80.41 | 57.33 |
| 8-16 | 65.71 | 73.62 | 53.44 |
| 4-8 | 59.82 | 69.36 | 48.41 |
| 2-4 | 56.51 | 67.00 | 42.79 |
| 1-2 | 54.75 | 65.75 | 37.23 |
| 0.5-1 | 53.85 | 65.11 | 32.08 |
| 0.25-0.5 | 53.37 | 64.76 | 27.53 |

Çizelge 7. Pomza örneklerinin porozite değerleri.

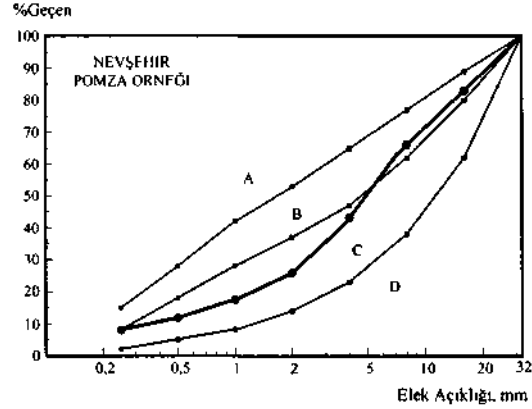
| KAYSERİ BÖLGESİ | | | |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Boyut Aralığı (mm) | Görünür Porozite (%) | Gerçek Porozite (%) | Doyma Derecesi (%) |
| >32 | 54.90 | 72.12 | 81.95 |
| 16-32 | 51.72 | 68.73 | 78.47 |
| 8-16 | 48.51 | 65.28 | 74.71 |
| 4-8 | 45.34 | 61.88 | 70.48 |
| 2-4 | 42.12 | 58.44 | 62.58 |
| 1-2 | 38.89 | 54.99 | 60.52 |
| 0.5-1 | 35.68 | 51.59 | 54.49 |
| 0.25-0.5 | 32.46 | 48.14 | 47.68 |

Pomza tanelerinin doyma derecesi %80'nin üzerinde bulunan malzemelerde, gözeneklerdeki suyun donması durumunda, suyun hacmini %10 oranında genişlettiği düşünüldüğünde, malzemeyi parçalama etkisi yapabilmektedir. Bu nedenle, malzemelerde doyma derecesinin %80'nin altında olması, arzu edilen bir değerdir. Bu bakımdan pomza tanelerinin durumu irdelendiğinde, doyma derecelerinin iri boyutlar hariç diğer boyutlarda %80'nin altında kaldığı görülmektedir (Gündüz 1998b).

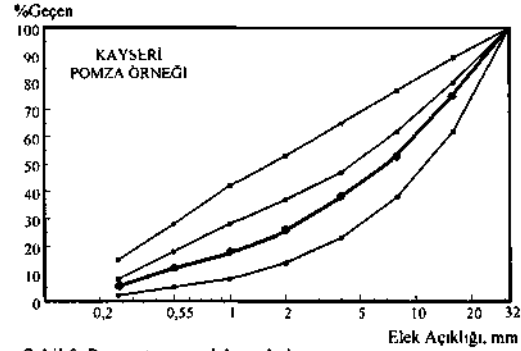
4.4 Granülometrik Bileşim - Tane Dağılımı Analizi

Agregaların tane dağılımı, elek eğrileri ve gerektiğinde bu eğrilere bağlı olarak tayin edilen incelik modülü, özgül yüzey ve su istek katsayıları TS 706 standardının öngördüğü prensipler dahilinde belirlenebilmektedir (Eriç, 1994). Pomza örneklerinin standart elek analizleri, kare delikli elekler kullanılarak yapılmış olup, ortalama analiz bulguları Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir.

Şekil 4 ve Şekil 5 irdelendiğinde, Nevşehir ve Kayseri pomza örneklerinin elek analizleri için çizilen boyut dağılım eğrilerinin, standartlara uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4 Pomza taşının elek analizi.



Şekil 5 Pomza taşının elek analizi.

4.5 Pomzada Zararlı Madde Analizi

Beton 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 deneylerde, 24 saat sonra agreganın aldığı açık sarı-koyu kırmızı renklere göre karar verilmekte ve kırmızıdan sonraki renkler organik madde bakımından zengin malzeme bileşimini simgelemektedir TS 3673 'de belirtilen prensiplere göre pomza taneleri üzerinde yapılan organik madde içeriği analizlerinde, Nevşehir ve Kayseri pomza oluşumlarında, organik madde içeriğine rastlanmamıştır.

Agrega bileşiminde %3 kil bulunmasının, inşaat sektörü açısından betonun mukavemetini %50 oranında azalttığı kabul edilmektedir. Yapılan standart deneylerde, kil/agrega oranının 1/14 den veya ağırlıkça %3'den büyük olmaması arzu edilir. Yapılan kil içeriği analizlerinde, Nevşehir ve Kayseri pomza örnekleri bileşiminde standart değer üzerinde bir kil içeriğine rastlanmamıştır. Ayrıca, hafif beton üretiminde kullanılacak agregada, TS 1114 standardına göre yanıcı madde

oranı %5'i geçmemelidir. Zenginleştirilmiş ve boyutlandırılmış olarak elde edilen pomza örnekleri üzerinde yapılan yanıcı madde analizlerinde, Nevşehir pomza örneğinde yaklaşık %2.8 ve Kayseri pomza örneğinde ise ortalama yaklaşık %3.12 yanıcı madde oranına rastlanmıştır. Bu değerler, kabul edilebilir standart değerlerin altında kalmaktadır.

Hafif agregalardaki kükürt bileşimlerinin analizi SO₃ cinsinden yapılmaktadır. TS 1114 standardına göre, hafif agrega bileşiminde ağırlıkça SCh bileşimi maksimum %1,0 civarında olması arzu edilmektedir. Pomza örnekleri üzerinde yapılan kükürt içeriği tayini analizinde, Nevşehir pomza örnekleri için SO₃ değeri yaklaşık %0,21, Kayseri pomza örnekleri için ise SO₃ değerinin ortalama %0,35 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, kükürt içeriği açısından son derece küçük değerler olup, pomza taneleri sülfat içeriği açısından özellikle beton üretiminde kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

4.6 Dona Dayanıklılık Analizi

Özellikle dış ortam şartlarına maruz kalacak pomza kullanımlarında, örneğin beton uygulamalarında, agreganın boşlukları kısmen suya doygun durumda iken sık sık donma-çözülme olayı etkisine maruz kaldığında, agreganın bünyesinde çatlama ve kılcal çatlaklar meydana gelebilmektedir. Bu olgu, farklı kimyasal çözeltiler yardımı ile, agrega malzemesinin dayanıklılığı test edilebilmektedir (Özer, 1982). Genelde uygulanan kimyasal çözelti, sodyum sülfat veya magnezyum sülfat çözeltisi olmaktadır. TS 3655 standardında öngörülen *havada donma* veya *kimyasal metotla donma analizi* prensipleri uygulandığında, agregada ağırlık kaybı, havada donmada %4'den fazla, kimyasal metodu uygulanması durumunda sodyum sülfat çözelti uygulamasında %18'den, magnezyum sülfat uygulamasında ise %27'den fazla ağırlık kaybı olmaması arzu edilmektedir. Pomza örnekleri üzerinde donma kaybı analizi, kimyasal metot uygulanarak yapılmış olup, Nevşehir pomza örneklerinin sodyum sülfat çözeltisi etkisindeki ağırlık kaybı %0,98, Kayseri pomza örneklerinin ise sodyum sülfat çözeltisi etkisindeki ağırlık kaybı %1,58 olarak tespit edilmiştir. Bu parametrik değerler, pomza agregalarının donma-çözülme olgusu sonucu herhangi bir bozunuma uğramadığını göstermektedir. Bu da pomzanın atmosfer ortamlarına dayanım özelliğinin bir göstergesi olmaktadır.

4.7 Ateşe Dayanıklılık - Sıcaklık Etkisi Analizi

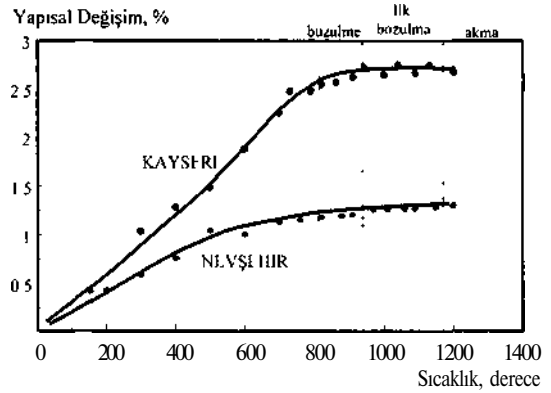
Agrega boyutunda bulunan pomza örnekleri üzerinde yapılan bir diğer inceleme ise, farklı sıcaklıklardaki davranış karakteristiği ve ateşe dayanıklılık analizleridir. Pomza örnekleri için ateşe

dayanıklılık testleri, farklı sıcaklık değerlerinde yapılarak, elde edilen bulgular Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8 Pom/a örneklerinin ateşe dayanıklılık analiz değerleri.

| Bölge | Yapısal Bozulma (t°C) | Ergime Noktası (fC) |
|----------|-----------------------|---------------------|
| NEVŞEHİR | 940 | 1240 |
| KAYSERİ | 835 | 1205 |

Bu analizlerde, pomza örneklerinin normal oda sıcaklığından itibaren akma noktasına kadar, sıcaklık değişimindeki karakteristik özellikleri birim sıcaklık farklılaşmalarında detay olarak incelenmiştir. Burada, belirli sıcaklık değişimlerinde pomzanın agrega boyutunda bozulma ölçüsü ve kütle kaybı ilişkisi parametrik olarak irdelenmiştir. Analizlerde, her bir sıcaklık artma adımında pomza örneklerinin kütle kaybı çok hassas olarak ölçülmüş ve sıcaklığa bağımlı bir kütle kaybı değişim katsayısı tanımlaması araştırılmıştır. Bu parametrenin sıcaklık artma değeri ile ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Bu yaklaşıma göre; Nevşehir ve Kayseri pomza örneklerine ait sıcaklığa bağımlı değişim karakteristiklikleri Şekil 6'da verilmiştir.

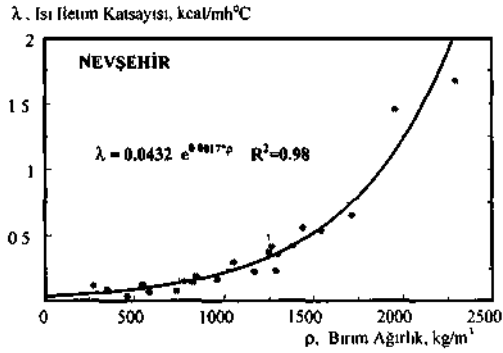


Şekil 6- Pomza taşının sıcaklığa karşı dayanım ilişkisi.

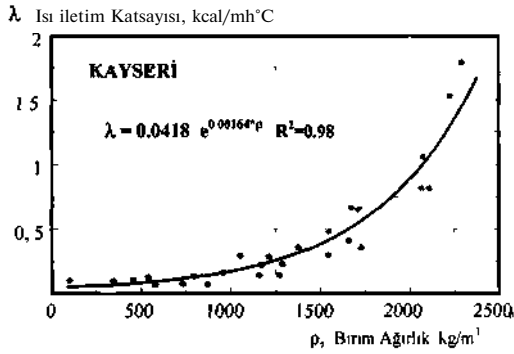
4.8 Isı İletim Analizi

DeneySEL bulgular göstermiştir ki, pomza tanelerinin granülometrik olarak boyutları büyüdükçe, birim ağırlık değerleri de düşmektedir. Bu olgu kapsamında, Nevşehir ve Kayseri pomzaları, serbest granule halde gevşek birim ağırlıkları ile gözeneklilik oranına bağımlı ısı iletim katsayısı (X) arasında istatistiksel ilişkiler araştırılmış ve tane boyut dağılımı ve yoğunluğuna bağımlı ısı iletim katsayısı değerleri belirlenmiştir. Pomza oluşumlarının birim ağırlık değerlerine bağımlı, ısı

iletim katsayı değerleri belirlenerek, malzemenin oluşum ve iç yapı özellikleri itibariyle ısı iletim karakteristiği analiz edilmiştir. Kuru bazda (bünyesinde rutubet bulunmaksızın) birim ağırlığa bağımlı ısı iletim karakteristiği, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7 Pomzaların ısı iletim katsayısı değişimi.



Şekil 8. Pomzaların ısı iletim katsayısı değişimi.

Pomza örneklerinin graniilometrik değişimi ve ısı iletim katsayıları arasındaki değişim karakteristiği ise Şekil 9'da verilmiştir. Pomzaların graniilometrik tane dağılımı ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki, istatistiksel olarak incelenmiş ve Eşitlik 1 - Eşitlik 2 de verilen ifadeler belirlenmiştir:

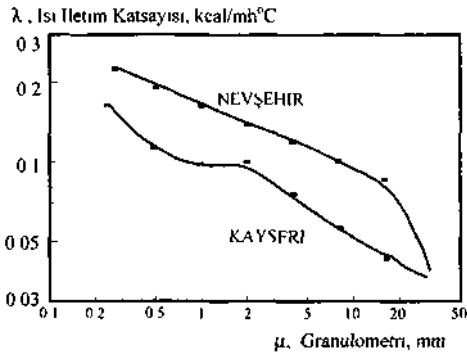
Nevşehir : $\lambda_{kuru} = 0.0432 e^{1.326-0.228 \cdot \ln \mu}$ [1]

Kayseri : $\lambda_{kuru} = 0.0418 e^{0.836 \mu^{-0.208}}$ [2]

Burada;

taunı : Pomza (kuru) ısı iletim katsayısı, kcal/mh°C

i) : Pomzaların graniilometrik boyutu, mm



Şekil 9 Granulometreye bağlı ısı iletim analizi

Pomza oluşumlarının ısı iletim karakteristiğini sembolize etmesi amacı ile, nem içeriklerine göre detay olarak analizler derinleştirilmiş ve Eşitlik 3 - Eşitlik 6'da verilen modeller tanımlanmıştır (Şekil 10-Şekillil).

Nevşehir Pomza Oluşumları

$$\lambda_{rut} = 0.2588 e^{0.0016 \cdot \rho} \quad [3]$$

$$\lambda_{ort} = (0.0432+0.0108 \cdot U) e^{0.0017 \cdot \rho} \quad [4]$$

Kayseri $\lambda_{rut} = 0.2764 e^{0.00168 \cdot \rho} \quad [5]$

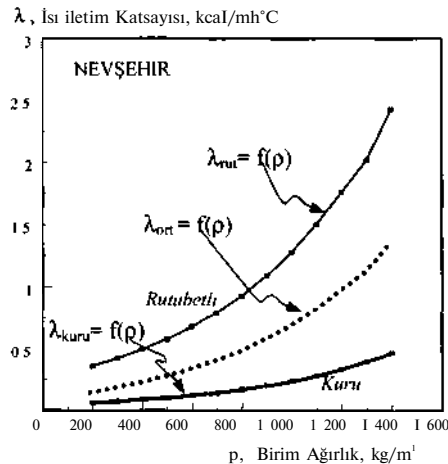
$$\lambda_{ort} = (0.0418+0.0120 \cdot U) e^{0.00164 \cdot \rho} \quad [6]$$

λ_{rut} : Pomza rutubetli halde ısı iletim katsayısı,

λ_{ort} : Pomzaların rutubete bağımlı ısı iletim katsayısı,

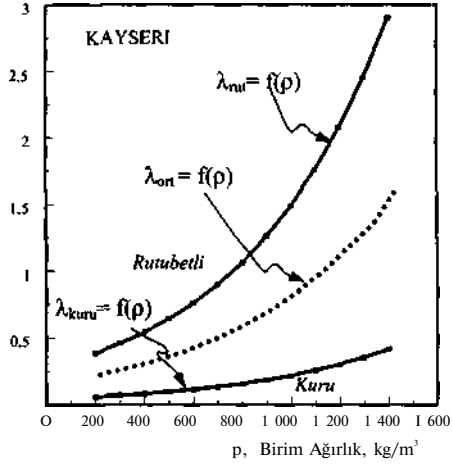
U : Pomzaların rutubet içeriği, %

ρ : Pomzaların gevşek birim ağırlığı, kg/m³.



Şekil 10 Nem içeriğine göre pomza ısı iletim analizi

X, Isı iletim Katsayısı, kcal/mh°C



Şekil 11. Nem içeriğine göre pomza ısı iletim analizi.

Yukarıdaki paragraflarda verilen, pomzanın farklı ortam koşullarındaki ısı iletim katsayı değerlendirmeleri, pomzanın yalıtım amaçlı olarak herhangi bir yerde kullanımında direkt olarak dikkate alınabilecek parametrik değerleri verilmektedir.

5 SONUÇLAR

Orta Anadolu bölgesi, Kayseri ve Nevşehir yöresinde bulunan pomza oluşumlarının, farklı endüstri alanlarında kullanımlarında, genelde bilinmesi gerekli spesifik değerleri, bu çalışmada detay olarak analiz edilmiş olup, bulguların parametrik değerleri burada sunulmuştur. Bu inceleme bulgularına göre, pomza oluşumlarının bir çok endüstri dalında uygulama alan bulabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, pomza taşının, kullanım yerlerine uygunluğunun incelenmesi amacıyla yapılacak bir analiz irdelenmesinde, ne gibi parametrelerin öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- Eriç, M. 1994. Yapı fiziği ve malzemesi. Literatür Yayıncılık, İstanbul, Antalya, s 257.
- Gündüz L.(editör), 1998a Pomza teknolojisi, Cilt I, İsparta
- Gündüz L (editor), 1998b, Pomza teknolojisi, Cilt II, İsparta.
- Özer, M., 1982. Yapılarda ısı-su yalıtımları 2, İstanbul, Özer Yayınları:4, s230.
- Yılmaz, I., 2000, Pomza açık maden ocakları fotoğrafları, Nevşehir.