

Eskişehir-Derbent Tüflerinin Doğal Yapı Taşı Olarak Değerlendirilebilirliği

Gölnaz Daloğlu

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

[Maden Mühendisliği] Anabilim Dalı

[Ağustos 2008]

Assesment of Eskişehir-Derbent Tuffs as a Natural Building Stone Material

Gülnaz DALOĞLU

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

**Department of Mining Engineering**

Ağustos 2008

# Eskişehir-Derbent Tüflerinin Doğal Yapı Taşı Olarak Değerlendirilebilirliği

Gölnaz Daloglu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden İşletme Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ercan Emir

Ağustos 2008

## ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Gülnaz Daloğlu'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Eskişehir-Derbent Tüflerinin Doğal Yapı Taşı Olarak Değerlendirilebilirliği" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd.Doç.Dr. Ercan EMİR

### **Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Yrd.Doç.Dr. Ercan EMİR

**Üye** : Prof.Dr. R. Mete GÖKTAN

**Üye** : Prof.Dr.Adnan KONUK

**Üye** : Yrd.Doç.Dr. Mahmut YAVUZ

**Üye** : Yrd.Doç.Dr. Ahmet ORHAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışmada, tüflerin oluşum mekanizması ve geçmişten günümüze tüflerin kullanım alanları incelenmiştir. Gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları ile tüflerin doğal yapı taşı olarak değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Diğer doğal yapı taşlarına göre oldukça düşük dayanımlı olan tüflerin, dayanım özelliklerini arttırmak amacıyla sönmüş kireçte bekletme yapılarak dayanımda %60 ile %100 arasında artış sağlanmıştır. Ayrıca geçmişte tahılların tüf içerisinde saklanma sebebinin nem tutma özelliği olduğundan yola çıkarak tüf ve çeşitli kayalar üzerinde havadan nem alma özelliği araştırılmıştır. Bununla birlikte tüflerin diğer kayalara göre çok daha fazla nem aldığı belirlenmiştir. Uygulanan deney yöntemi tahıl ambarlarında kullanılacak doğal taşların seçimine yönelik olarak önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tüf, doğal yapı taşları, nemlilik, dayanım

## SUMMARY

In this study, formation mechanism of tuffs and their fields of use from past to present were investigated. Laboratory test works were performed in order to evaluate possible use of tuffs as a natural building stone. Since tuffs have lower strength than the other natural building stones, tuffs samples were left in slaked lime so as to increase their strength properties and 60-100% increase in strength were acquired. In addition, knowing that in the past cereals were kept inside the tuffs due to their moisture absorbing ability, moisture absorption properties of tuffs and different types of rocks were also investigated. It was determined that tuffs absorb much more moisture than the other rocks studied. Experimental method was proposed in an attempt to choose natural stones to be used in granaries.

**Keywords:** Tuff, natural building stones, climate, strength

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde tez konumu belirleyerek beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ercan EMİR'e; benden öneri ve desteklerini esirgemeyen, Prof. Dr. Adnan KONUK, Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ, Prof. Dr. R. Mete GÖKTAN, Prof. Dr. Volkan BOZKURT'a, Prof. Dr. Selahattin KADİR, Doç. Dr. Haydar ARAS'a, Doç. Dr. Hürriyet AKDAŞ'a ve tez çalışmam sırasında yanımda olup, benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Grv. Dr. Sunay BEYHAN, Arş. Grv. Dr. Hakan AK'a; Arş. Grv. Nurdan Güneş YILMAZ, Arş. Gör. Murat YURDAKUL ve Arş. Gör. Hüseyin SENDİR'e, ESOGÜ Kimya Bölümü laboratuvarında bana deneysel çalışmalarımında yardımcı olan Uzman Murat DOĞRU'ya ve cevher hazırlama laboratuvarında Yüksek Maden Mühendisi Haydar ŞAHAN'a; literatür çalışmalarımın tamamlanmasında yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen Sayın Nadir BIYIKOĞLU ve Nurettin ÖNCÜL'e; Tezin deneysel çalışmaları için Dumlupınar Üniversitesi laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan Prof. Dr. İskender IŞIK'a; deneylerim için gerekli olan numunelerin bir kısmını sağlayan Ayvermez Ltd. Şti. sahibi Sayın Hüseyin ALTINAY'a, Mevlüt AYVERMEZ ve Derbent Taş Kesme Ocağında çalışan Sayın Ahmet ÇETİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım sırasında benden manevi desteğini esirgemeyen Sayın Taner ARIKAN; Mad. Müh. İlkay KARA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında hayatımın her aşamasında bana büyük destekleri ve emekleri olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	vii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	x
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xiv
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. MAGMATİK KAYAÇLARIN OLUŞUMU</b> .....	3
2.1 Magmatik Kayaçların Oluşum Mekanizması .....	3
2.2 Magmatik Kayaçların Oluşum Derinliklerine Göre Sınıflandırılması .....	5
2.2.1 Derinlik Kayaçları .....	5
2.2.2 Yarı-derinlik Kayaçları .....	7
2.2.3 Yüzey Kayaçları .....	8
2.3 Magmatik Kayaçların Genel Özellikleri .....	9
2.4 Yüzey Kayaçların Oluşum Evreleri .....	10
2.4.1 Piroklastik Kayaçların Tanımlanması .....	10
2.4.2 Piroklastik Kayaçların Sınıflandırılması .....	17
2.4.2.1 Piroklastik Kayaçların Dokusal Özelliklerine ve Minerolojik Bileşimlerine Göre Adlandırılmaları .....	17
2.4.2.2 Piroklastik Kayaçların Oluşum Şekillerine Göre Adlandırılmaları .....	23
2.5 Piroklastik Kayaçların Bozunması .....	28
<b>3. TÜRKİYE’DE MEYDANA GELEN VOLKANİK FAALİYETLER</b> .....	30
3.1 Türkiye’de Bulunan Volkan Şekilleri ve İç Yapıları .....	30
3.2 Bölgeler Göre Türkiye’de Bulunan Volkanlar .....	33
<b>4. TÜRKİYE’DE BULUNAN TÜFLERİN ÖZELLİKLERİ</b> .....	37
4.1 Beyaz ve Pembe Tüflerin Malzeme Özellikleri .....	38
<b>5. TÜFLERİN KULLANIM ALANLARI ve TÜFLER ile İLGİLİ STANDARTLAR</b> .....	42



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.1 Tüflerin Kullanım Alanları .....	42
5.2 Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Doğal Taşlara Ait Standartlar .....	48
<b>6. DERBENT BÖLGESİNİN JEOLJİSİ .....</b>	<b>54</b>
6.1 Derbent Çiftliği Çevresinin Jeolojisi .....	54
6.2 Derbent Çiftliği Ofiyolitleri .....	55
6.3 Suvatdere Formasyonu .....	57
<b>7. DERBENT KESME TAŞ OCAĞI ÜRETİM YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ .....</b>	<b>59</b>
<b>8. LABORATUVAR DENEYLERİ .....</b>	<b>63</b>
8.1 Numune Alımı ve Deney Numunelerinin Hazırlanması .....	63
8.2 Derbent Tüfünün Fiziksel Özellikleri .....	64
8.2.1 Hacim Kütle (Kuru Yoğunluk) ve Birim Hacim Ağırlığı .....	64
8.2.2 Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi .....	69
8.2.3 Özgül Ağırlık Deneyi .....	71
8.2.4 Görünen Porozite .....	73
8.2.5 Doluluk Oranı .....	74
8.2.6 Porozite (Gözeneklilik Derecesi) .....	75
8.3 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi .....	76
8.4 Kohezyon ve İçsel Sürtünme Açısı .....	78
8.5 Tek Eksenli basınç deneyinden Yararlanılarak Elastisite Modülü ve Poisson Oranının Tayini .....	82
8.6 Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi .....	85
8.7 Havadan Nem Alma Özelliği .....	88
8.8 Sönmüş Kireç ile Koşullandırmanın Dayanım Üzerine Etkisi .....	90
8.9 Derbent Tüfünün Kimyasal Analizleri .....	94
<b>9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>97</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>100</b>
<b>EKLER</b>	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Yaygın magmatik kayaçların oluşum şekilleri .....	3
2.2 Magmatik kayaçların jeolojik bulunuş şekli.....	4
2.3 Magmatik kayaçların oluşumu ve içerdiği mineraller.....	6
2.4 Derinlik kayaçlarında görülen holokristalin doku.....	6
2.5 Yarı-derinlik kayaçlarında görülen porfirik .....	7
2.6 Yüzey kayaçlarında görülen hiyalin doku .....	8
2.7 Yüzey kayaçlarında görülen mikrolitik doku .....	9
2.8 Kapadokya (Nevşehir) Bölgesinde oluşmuş volkanik bacalar .....	11
2.9 Oluşum şekillerine göre volkanbombaları : a) Ribbon bombs b) Spindle bombs c) Cow-dung bombs d) Bread-crust bombs .....	13
2.10 Oluşum şekillerine göre bazaltcamları : a) Pele'nin saçı b) Pele'nin gözyaşı.....	14
2.11 Lapilli şekilde oluşan volkancamları : a) Volkancürufu b) Süngertaşı .....	15
2.12 Lapilli şekilde bulunan kayaçların görüntüsü.....	15
2.13 Volkankülünün görüntüsü .....	16
2.14 Değişik tane büyüklüğüne sahip bileşen içeren piroklastik kayaçların Adlandırılması .....	18
2.15 Aglomeranın görüntüsü .....	19
2.16 Tüf depolarının oluşum şekli.....	20
2.17 Tüflerin içerdikleri bileşenlerin türüne ve miktarına göre adlandırılmaları.....	21
3.1 Karacadağ kalkan volkanının şekli.....	30
3.2 Stratovolkanının enine kesit görüntüsü .....	32
3.3 Krater gölünün görüntüsü.....	32
3.4 Maar tipi volkanlar .....	33
3.5 Türkiye'deki volkanik alanların haritası.....	34
3.6 Ağrı Dağı volkan konisi .....	35
3.7 Kula (Manisa) volkan konisi .....	36
4.1 Derbent Bölgesine ait pembe tüf blokları.....	37

4.2	Derbent Bölgesine ait beyaz tuf blokları .....	37
-----	--	----

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa</u>
5.1	Kaymaklı (Nevşehir)'da antik zamanda kullanılan bir yeraltı şehri.....	43
5.2	Derbent'de tüften yapılmış bir ev .....	43
5.3	Volkanik kökenli doğal puzzolanlar .....	44
5.4	Volkanik kayalar .....	46
6.1	Derbent Bölgesi haritası .....	54
6.2	Derbent Çiftliği çevresinin jeolojik haritası .....	56
6.3	Derbent Çiftliği çevresinin jeoloji kesitleri .....	58
7.1	Derbent taş kesme ocağında zemin dilimleme işlemi .....	60
7.2	Derbent taş kesme ocağında ray yerleştirme işlemi .....	60
7.3	Taş kesme makinası ile kesim işlemi .....	61
7.4	Düşey testere görüntüsü .....	61
7.5	Testere soketleri.....	62
7.6	Tüflerin döküldüğü stok sahası.....	62
8.1	Karot makinası.....	63
8.2	Deneyde kullanılan tuf numuneleri .....	65
8.3	Kurutma işleminde kullanılan etüv ve soğutma işleminde kullanılan desikatör ...	65
8.4	Suya doygun numunelerin tartımında kullanılan arşimet terazisi .....	68
8.5	Üç eksenli basınç deneyi düzeneği .....	79
8.6	Deney sonrası tüfte görülen çatlama şekli.....	80
8.7	Tüfün üç eksenli basınç dayanımına göre mohr zarfı.....	81
8.8	Elastik özellikleri belirlemek üzere komperatörlerle oluşturulmuş deney düz .....	84
8.9	Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney düzeneği.....	86
8.10	İklimlendirme cihazı ve numunelerin yerleştirilmiş hali.....	89
8.11	Kayaların zamana bağlı yüzdece nem alma miktarları.....	90
8.12	Sönmüş kireçli su banyosunun pH değerinin ölçümü .....	91

8.13	Derbent Tüfünün XRD analiz sonuçları .....	96
------	--	----

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 ...Piroklastların ve piroklastik kayaçların tane büyüklüklerine bağlı olarak adlandırılmaları .....	17
2.2 Piroklastik ve epiklastik malzemenin karışık olarak bulunduğu kayaçların adlandırılmaları.....	24
4.1 Kapadokya tüfünün malzeme özelliklerinin karşılaştırılması .....	39
4.2 Yazılıkaya tüflerinin malzeme özelliklerinin karşılaştırılması.....	40
5.1 Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlar .....	48
5.2 Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşların genel özellikleri .....	49
5.3 Kagir birimler ile ilgili standartlar .....	50
5.4 Kireç kumtaşı kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımına göre Sınıflandırılması .....	50
5.5 Kireç-kumtaşı kagir birimlerin brüt kuru birim hacim kütesine göre Sınıflandırılması .....	51
5.6 Hacim ağırlığına göre tuğlalar .....	51
5.7 Bimsbeton türlerine göre ortalama kuru birim ağırlıkları .....	52
5.8 Bimsbeton türleri ve basınç dayanımları .....	52
5.9 Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıflarına göre basınç mukavemetleri ve birim hacim ağırlıkları .....	53
8.1 Derbent tüflerinin hacim kütesi deney sonuçları (düzgün geometrik şekilli numuneler için olan yöntemeye göre).....	66
8.2 Derbent tüflerinin hacim kütesi deney sonuçları (düzgün geometrik şekilli olmayan numuneler için olan yöntemeye göre).....	69
8.3 Derbent tüflerinin ağırlıkça ve hacimce su emme oranları değerleri .....	71

8.4	Derbent tüflerinin özgül ağırlık değerleri.....	72
8.5	Derbent tüflerinin görünen porozite değerleri.....	74
8.6	Derbent tüflerinin doluluk oranları değerleri.....	75

### ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Cizelge</u>		<u>Sayfa</u>
8.7	Derbent tüflerinin porozite değerleri.....	75
8.8	Kuru tüf numunelerinin tek eksenli basınç deneyi sonuçları.....	77
8.9	Derbent tüf numunelerinin üç eksenli basınç deneyi sonuçları.....	80
8.10	Tüf numunelerinin elastisite modülü ve poisson oranı değerlerinin karşılaştırılması.....	85
8.11	Derbent tüfünün suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney sonuçları.....	87
8.12	Gamble tarafından geliştirilen ıslak kararlılık sınıflaması.....	87
8.13	Deney numunelerinin isimlendirilmesi.....	89
8.14	Kireçli suda bekletilen numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri.....	92
8.15	Farklı sürede oda sıcaklığında bekleyen numunelerin tek eksenli basınç dayanım değerleri.....	93
8.16	Kuru tüf numunelerinin tek eksenli basınç deneyi sonuçları.....	94
8.17	Derbent tüfünün XRF analiz sonuçları.....	95
9.1	Derbent tüfünün fiziko-mekanik özellikleri.....	97

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Numunenin kesit alanı
$A$	Tambur + kuru numune ağırlığı
B	Tambur + kalan kuru numune ağırlığı
c	Kohezyon
d	İlk numune çap uzunluğu
$d_h$	Hacim kütlesi
D	Numune çapı
$D$	Tambur ağırlığı
$D_0$	Kayacın özgül kütlesi
$\epsilon_l$	Eksenel birim deformasyon
$\epsilon_d$	Çapsal birim deformasyon
E	Elastisite modülü
$G_k$	Kuru kütle
$G_d$	Kayacın doymun haldeki ağırlığı
$G_{dh}$	Suya doymun deney numunesinin havadaki kütlesi
$G_{ds}$	Suya doymun deney numunesinin sudaki kütlesi
$G_{pn}$	Piknometre + numune kütlesi
$G_p$	Piknometre kütlesi
$G_{pns}$	Piknometre+numune+su kütlesi
$G_{ps}$	Su ile dolu piknometre kütlesi
$I_d$	Islak kararlılık indeksi
l	ilk aksenal ölçme uzunluğu
L	Numune boyu
k	Kayacın doluluk oranı
m	metre
mm	milimetre

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
cm	santimetre
P	Kayacın porozitesi
P <sub>g</sub>	Kayacın görünen porozitesi
F	Numuneye uygulanan yük
S <sub>k</sub>	Kayacın kütlece su emme oranı
S <sub>h</sub>	Kayacın hacimce su emme oranı
V	Numune hacmi
γ	Birim hacim ağırlık
υ	Possion oranı
φ	İçsel sürtünme açısı
σ	Numune basma gerilmesi
σ <sub>b</sub>	Tek eksenli basma gerilmesi
σ <sub>3</sub>	Yanal basınç
σ <sub>1</sub>	En büyük asal gerilim
Δl	İlk eksenel ölçme uzunluğundaki değişme
Δεl	Eksenel ölçme uzunluğundaki değişim
Δd	İlk çap uzunluğundaki değişme
(°)	Derece
<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği
RH	Bağıl nemlilik
pH	Asit-baz derecesi
TS	Türk standartları
TSE	Türk standartları enstitüsü
XRD	X ışınımaları kırınımı
XRF	X ışınımaları floresans

## GİRİŞ

Magmatik kayalar oluşum derinliklerine göre derinlik kayaları (plütonik), yarı-derinlik kayaları (damar) ve yüzey kayaları (volkanik) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Tüfler; volkan faaliyetleri esnasında patlama evresinde oluşan piroklastik kayalar olup yüzey kayaları grubunda yer almaktadır.

Türkiye’de aktif halde volkanlar bulunmamakla birlikte sönmüş volkanların sayısı çok fazladır. Çeşitli bölgelerde de genç volkan konileri mevcuttur. Bundan dolayı da, tüf oluşumları yaygınlık göstermektedir.

Türkiye’de bulunan tüfler genellikle beyaz ve pembe renkte olup, eski çağlardan beri ev yapımında kullanılmıştır. İçerdiği minarellerden dolayı, ısıyı muhafaza etmesi en önemli özelliği olup gıda ambarı olarak kullanımı da yaygındır. Ayrıca, çimento hammaddesi olarak geçmişten günümüze kullanımı söz konusudur.

Tüflerin dayanım özellikleri düşük olmasına karşın Kapadokya bölgesindeki kaya kiliseleri ve yeraltı şehirleri günümüzde hala ayakta durmaktadır. Bu yönüyle ilginç bir malzeme olup, malzeme özelliklerinin daha detaylı incelenmesinde yarar bulunmaktadır.

Doğal yapı taşları, yapı işlerinde kullanılmaya elverişli her türlü doğal malzemedir. Doğal yapı ve kaplama taşları ise, yapıların iç ve dış kaplamalarında ve yer döşemelerinde kullanılan doğal malzemeleri kapsamaktadır.

Ülkemizde geniş alanlara yayılı olan ve geçmişten günümüze yaygın kullanımı olan tüflerin malzeme özelliklerinin daha detaylı incelenmesinde yarar bulunmaktadır. Bu çalışmada; Derbent tüflerinin doğal yapı taşlarına özgü ve ilaveten çeşitli malzeme özellikleri ile birlikte daha iyi tanımlanabilmesi amaçlanmıştır. Doğal yapı taşı olarak



kullanılabilirliği değerlendirilmiş ve dūřuk dayanım özelliklerinin nasıl<sup>2</sup> arttırılabileceği yönünde n bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, tahıl ve gıda ambarı olarak kullanımına neden olan nem tutma özelliğinin tüflerin karakteristik bir özelliği olduğu ve havadan nem alma özelliğini belirlemeye yönelik bir deneysel yöntem önerilmiştir.

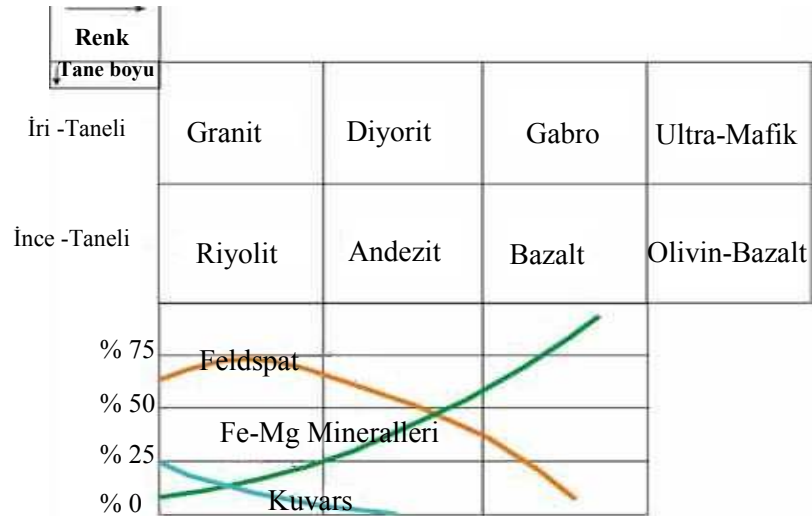
## BÖLÜM 2

### MAGMATİK KAYAÇLARIN OLUŞUMU

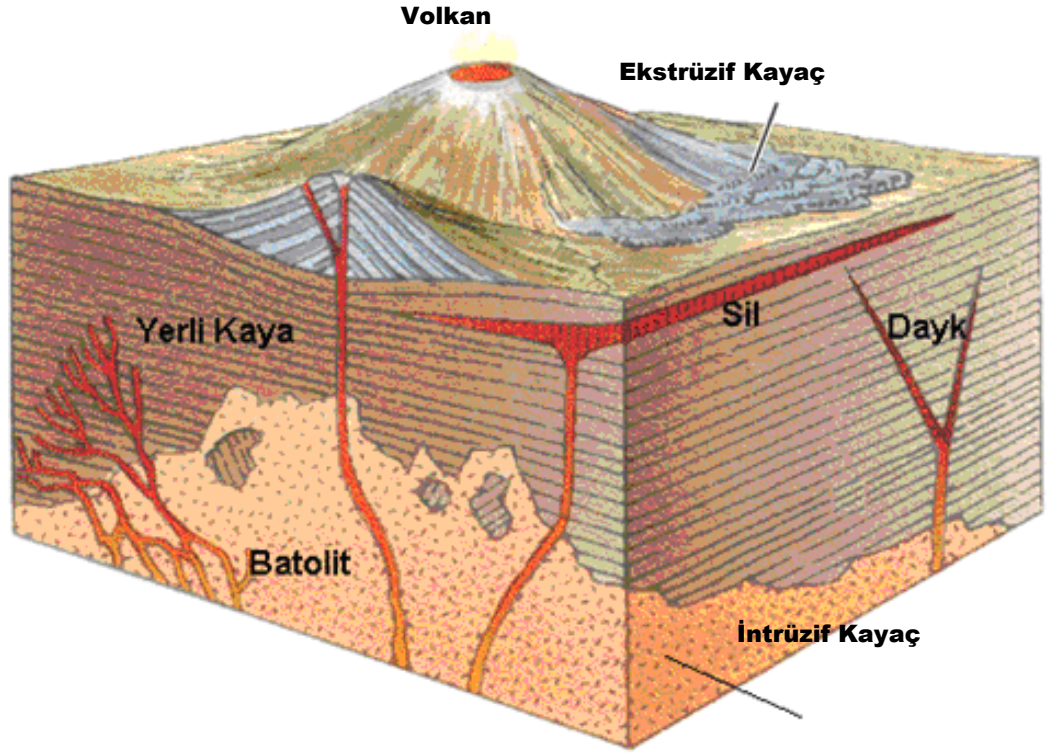
#### 2.1 Magmatik Kayaçların Oluşum Mekanizması

Yunanca “hamur” anlamına gelen magma, yerkabuğun derinliklerinde bulunmaktadır. Magma çok karmaşık kimyasal bileşime ve jeolojik bütünlüğe sahip bir malzeme olup, çok yüksek sıcaklık ve basınç altında bulunan bir moleküler çözelti şeklinde tanımlanır [1].

Magmatik kayaçlar kuvars, plajiyoklas ve alkalen feldspat (ortoklaz) gibi üç ana mineralden oluşmaktadır. Bununla birlikte koyu renkli mafik mineraller (piroksen, olivin, kalsik mineraller vb.) içermektedir. Magmatik kayaçların kimyasal analiz sonuçlarına göre; magma başlıca Si, Al, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup>, Mg, Ca, Na, K, Ti ile O, H, Cl, F, S gibi elementlerden oluşmaktadır [2]. Magmatik kayaçlar içerdikleri, % SiO<sub>2</sub>'ine göre asit (granitik, riyolitik), nötr (andezitik), bazik (bazaltik), ultra-bazik magma (peridotitik) tiplerine ayrılırlar (Şekil 2.1).



Magmatik kayaçlar jeolojik bulunuş şekline göre derinlik (plütonik), yarı-derinlik (damar) ve yüzey kayacı (volkanik) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Eğer magma, yerkabuğunun içinde (derinlerde) soğur ve sertleşirse “*derinlik kayacı (intrüzif kayaç)*”, yüzeye varamayıp çatlak ve yarık içinde soğursa “*yarı derinlik kayacı*” ve yerkabuğunu üzerine (yüzeyde) çıkararak volkanizma sonucunda oluştuğunda “*yüzey kayacı (ekstrüzif kayaç)*” olarak isimlendirilmektedir (Şekil 2.2) [1].



Şekil 2.2 Magmatik kayaçların jeolojik bulunuş şekli [4]

## 2.2 Magmatik Kayaçların Oluşum Derinliklerine Göre Sınıflandırılması

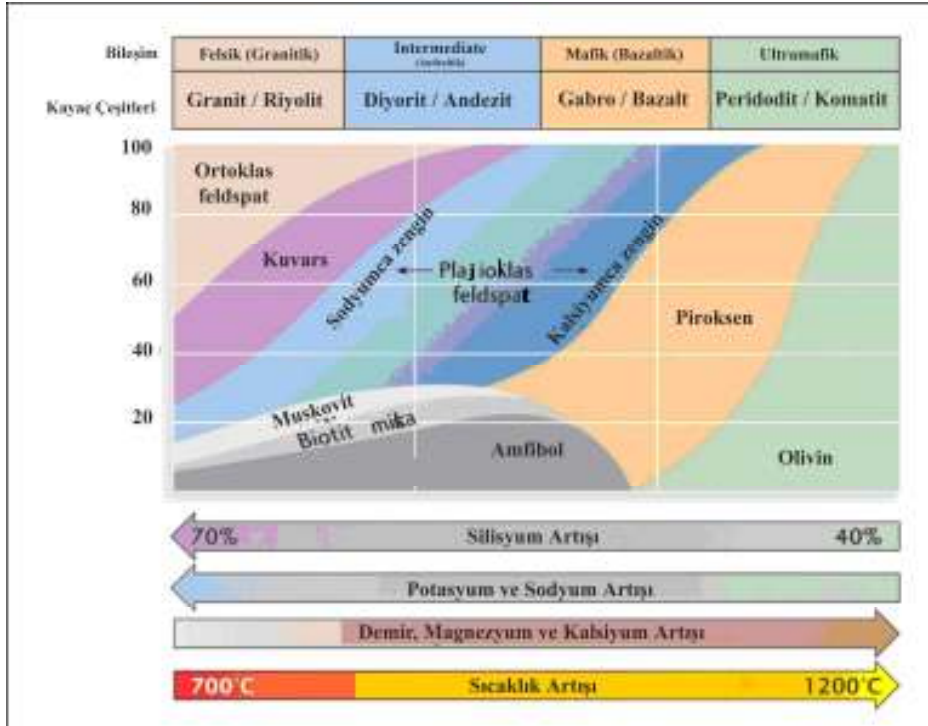
Magmatik kayaçlara ait bir çok sınıflama şekli mevcuttur. Ancak en yaygın kullanılan ve jeolojik açıdan en büyük öneme sahip sınıflama türü “*oluşum derinliklerine göre*” yapılan sınıflamadır. Çünkü, magmatik kayaçların değişik yapı ve dokuya sahip olmaları magmanın hareketine ve yerleşme derinliğine bağlı olarak değişir. Magmatik kayaçlar “*oluşum derinliklerine göre*” 3 gruba ayrılmaktadır [1]:

- Derinlik kayaçları (plütonik)
- Yarı-derinlik kayaçları (damar)
- Yüzey kayaçları (volkanik)

### 2.2.1. Derinlik kayaçları

Magma yerin derinliklerinde çeşitli gazlarla doymuş, yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta olan erimiş bir silikat karışımıdır. Bu karışımın, yerin derinliklerindeki hareketine “*plütonizma*”, magmanın yerin derinliklerinde soğuyarak katılaşmasıyla oluşturduğu kayaçlara da *plütonik* kayaçlar ya da *derinlik kayaçları* adı verilir [5].

Yerin derinliklerinde hareket eden magma, yavaş yavaş kristalleşir. Bu şekilde oluşan kayacın kristalleri gözle görülebilir iriliktir ve mineralleri birbirine iyice kenetlenmiştir. Kayaç kristalli (faneritik) dokudadır ve hamur maddesi yoktur. Kayacı oluşturan tüm mineraller oluşum ısıları neyse o ısıda kristalleşmişlerdir. Derinlik kayaçları normal ayrımlaşmasını tamamladığından dolayı holokristalin dokuya sahiptir. Mineral taneleri birbirine iyice kenetlenmiştir ve oldukça sert bir yapıya sahiptir (Şekil 2.3-2.4)



Şekil 2.3 Magmatik kayaçların oluşumu ve içerdiği mineraller [5]



Şekil 2.4 Derinlik kayaçlarında görülen holokristalin doku [6]

### 2.2.2 Yarı-derinlik kayaçları

7

Yarı derinlik kayaçları (damar kayaçları) magmanın yeryüzüne yakın derinliklerinde, çatlak ve yarıklar içinde soğuyup katılaşmasıyla oluşmuştur. Görünüş ve yapı bakımından hem derinlik hem de yüzey kayaçlarına benzerlik gösterirler. Bu yüzden çoğunlukla mikroskop altında özellikleri ve kayaç tipleri ayırt edilebilir. Yarı-derinlik kayaçlarının soğuma hızı derinlik kayaçlarının soğuma hızından daha fazladır. Bu nedenle yarı-derinlik kayaçlarının mineral tane boyutları derinlik kayaçlarına göre daha küçük olduğu için sadece mikroskopta ayırt edilebilmektedir [5].

Bununla birlikte yarı-derinlik kayaçları yüzey kayaçlarından daha yavaş soğumaktadır. Bunun sonucu olarak, yüzey kayaçlarına oranla daha az hamur maddesi içermektedir. Kayacın genelinde hakim olan ufak taneler içinde mevcut olan iri kristallere “*fenokristal*” ve oluşan bu dokuya ise “*porfirik doku*” adı verilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Yarı-derinlik kayaçlarında görülen porfirik doku [7]

### 2.2.3 Yüzey kayaçları

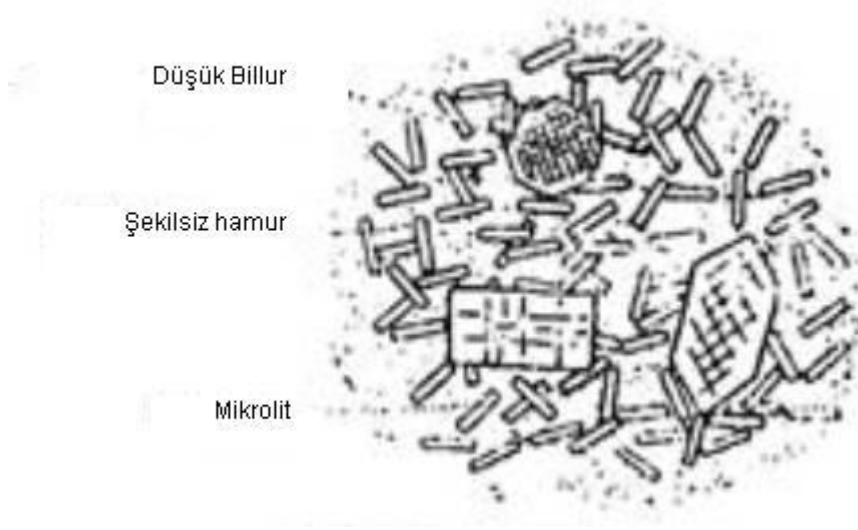
8

Yüzey kayaçları magmanın yüzey ve yüzeye yakın yerlerde çok hızlı soğuması sonucu oluşurlar. Bu kayaçları oluşturan magma; yarı, çatlak veya noktasal püskürmeler (volkanlar) aracılığı ile yüzeye çıkarlar. Lav adı verilen ve yüzeye çıkan ergimiş haldeki silikat karışımları, bünyelerinde bulunan uçucu maddeleri ve gazları kaybederek aniden kristalleşmektedirler. Yani, kristalleşme sırasını izleyemeden magma içindeki mineraller magmanın yüzeye çıkma sıcaklığında kristalleşmek zorunda kalırlar veya silikat mineralleri kristalleşmeden ani soğuma sonucu cam halinde katılaşırlar. Bu yüzden, yüzey kayaçları *hemikristalin (yarı kristalli) dokuya* sahiptir [5].

Yüzey kayaçları içinde hem kristalli minerallere hem de ani soğuma sonucu kristalleşemeyerek hamur maddesi halinde oluşmuş minerallere beraberce rastlanır. Bu hamur maddesi camsal veya yarı camsal olabilir. Eğer kayaç tamamen camsal halde ise “*hiyalin doku*” adını alır (Şekil 2.6). Bazen kayaç, camsal hamur yerine gözle ayırt edilemeyen fakat mikroskop yardımıyla gözlenebilen mikrolitlerden oluşmuş iri kristalli dokuda oluşur ve bu dokuya “*mikrolitik doku*” denir (Şekil 2.7).



Şekil 2.6 Yüzey kayaçlarında görülen hiyalin doku [8]



Şekil 2.7 Yüzey kayaçlarında görülen mikrolitik doku [7]

### 2.3. Magmatik Kayaçların Genel Özellikleri

Yukarıda bahsedilen derinlik, yarı-derinlik ve yüzey kayaçlarının mineralojik özellikleri açısından ortak yönleri bulunmaktadır. Bunlar:

- 1) Magmatik kayaçlar ergimiş silikat karışımı halindeki magmanın çeşitli derinliklerde katılmasıyla oluştuğu için sedimanter serilerle hiçbir ilişkisi yoktur. Yani fosil içermezler.
- 2) Magmanın değişik ısıda katılmasıyla meydana geldikleri için kristalli ve yarı-kristalli olabilirler.
- 3) Tabakalı bir yapıları yoktur. Yalnız soğumadan dolayı sütunsal bir yapı kazanmışlardır.
- 4) Magmatik kayaçlar kütle halindedir. Litosferin altında uyumlu veya uyumsuz şekilde yerleşebildikleri gibi yüzeyde lav akıntıları halinde de olabilirler [5].



- 5) Magmatik kayalarda şistiziyet yoktur. Sadece bazı kayaç tiplerinde akıntı<sup>10</sup> izlerine rastlanabilir veya bazı yüzey kayaçları soğan kabuğu (eksfoliasyon) gibi soyulma özelliği gösterebilirler.

## 2.4. Yüzey Kayaçlarının Oluşum Evreleri

Volkan faaliyetleri esnasında patlama, akma ve tütme şeklinde evrimler meydana gelmektedir. Patlama evresinde; piroklastik kayaçlar (tüf, aglomera vb.), akma evresinde; lavların soğuması sonucu oluşan volkanik kayaçlar (andezit, bazalt vb.); tütme evresinde ise; volkan bacasından açığa çıkan gaz (kükürt, hidrojen vb.) oluşmaktadır (Y. Kibici, 2008, sözlü görüşme).

Bu çalışmada incelenen Derbent tüfleri, patlama evresi ürünü olan piroklastik kayaç sınıfında yer almaktadır. Bu nedenle, yüzey kayaçlarının patlama evresinden aşağıda ayrıntılı olarak bahsedilmektedir.

### 2.4.1. Piroklastik kayaçların tanımlanması

Piroklastik kelimesi, Yunanca'da piro = ateş ve klastos = kırık/kırıklı anlamına gelen kelimelerden adını almıştır. Volkanik patlamalar sırasında katı halde dışarı püsküren/fırlayan değişik tane büyüklüğündeki malzemenin birikmesiyle oluşan, volkanik ve sedimanter kayaçlara benzer özellik gösteren kayaçlara "*piroklastik kayaç (volkanoklastik)*" denilmektedir [1].

Volkanik ve subvolkanik koşullar altında gelişen, uçucu bileşen içeriği fazla, özellikle asidik-ortaç bileşimli ve vizkozitesi yüksek magmalar ile ilişkili magmatik faaliyetler esnasında çok şiddetli patlamalar meydana gelmektedir. Bu patlamalarla dışarıya çok miktarda katı-sıvı halde malzeme püskürtülür. Bu tür faaliyetlere genellikle "*pliniyen türü püskürme*" denir. Malzemenin dışarı atıldığı baca ve çevresinde daha önce oluşmuş değişik tür ve bileşimdeki kayaçlarda bu patlamalardan

etkilenir ve parçalanır. Malzeme çıkış bacasından düşey yönde atmosfere püskürtülür<sup>11</sup> ve troposfere kadar çıkabilir. Bu malzeme atmosferde tane büyüklüğüne, yoğunluğuna, fırlatma hızına ve hava hareketlerine bağlı olarak hareket eder; karasal ve denizel/gölsel ortamlarda birikebilir. Bazen bu malzemenin topografya eğimine uygun olarak bir “*piroklastik akıntı*” şeklinde hareket etmesi ve birikmesi de mümkün olabilir. Bu biriken malzeme “*piroklastik kayaçları*” oluşturur. Düşük vizkoziteye sahip bazik bileşimli magmalar ile ilişkili volkanik faaliyet “*hawai türü ve stromboli türü püskürme*” esnasında piroklastik malzeme çıkışı meydana gelebilir. Bu volkanik faaliyet karasal ortamlarda olduğu gibi denizel ortamlarda da oluşabilmektedir. Yeryüzünde karasal veya denizel/gölsel ortamlardaki püskürmelerle ilişkili piroklastik kayaçlar dışında subvolkanik koşullar altında oluşan ve intrüzif bir karakter taşıyan piroklastik kayaçlarda bulunmaktadır. Bunlar doğada baca veya çatlak dolguları şeklinde oluşmuşlar ve üzerlerindeki örtü malzemesinin erozyon ile uzaklaştırılması sonucu yeryüzüne çıkmışlardır [1] (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Kapadokya (Nevşehir) bölgesinde oluşmuş volkanik bacalar [10]

Tane büyüklükleri dikkate alınmaksızın volkanlardan dışarı püskürtülen<sup>12</sup> bileşenlere “*piroklast*”, piroklastlardan oluşan malzemeye ise “*piroklastik malzeme*” veya “*tefra*” denir [1].

Piroklastlar tane büyüklüğüne göre üçe ayrılır;

Volkanbloku veya volkanbombası	>64 mm
Lapilli	2-64 mm
Volkankülü veya volkantozu	<2 mm

Piroklastlar doğrudan o anda gelişen volkanik faaliyet ile ilişkili (juvenil) olabildiği gibi, aynı volkanik faaliyete ait daha önceden katılmış kayaçlara ait (cognate) veya baca çevresindeki değişik türdeki kayaçlara ait (accidental) parçalar da olabilirler.

Karasal veya denizel/gösel ortamlarda biriken bu malzeme daha sonra gelişen sedimanter süreçlerden de etkilenecek, ilk oluştuğu ortamdan başka bir ortama taşınabilir ve çökeltilir (resedimantasyon). Ayrıca piroklastik malzeme özellikle denizel/gösel ortamlarda birikerek diğer sedimanlarla karışabilir. Tane büyüklüğüne göre piroklastlar aşağıda açıklanmıştır:

***Volkanblokları:*** Katı durumda dışarıya fırlatılan, hemen hemen eşboyutlu, bazen levhamsı şekle sahip, ortalama tane büyüklüğü 64 mm üzerinde olan parçalardır. Uzak yerlere taşınan bloklar sürtünmeden dolayı yuvarlak şekil alabilirler. Tipik olarak volkanbacası çevresinde birikmiş piroklastik malzeme içinde, sıcak piroklastik akıntı çökellerinin içinde laharlarda görülürler [1].

***Volkanbombaları:*** Henüz katılmamış veya yarı katılmış durumda dışarı fırlayan, havada uçmaları esnasında veya yere düştükten sonra katılan, 64 mm üzerindeki parçalardır. Havada uçuş sırasında uzunca oval, bazen küresele yakın şekil gösterirken, yere düşme esnasında henüz tam katılmamış bombalar yassılaşabilir. Şekillerine göre “ribbon bombs, spindel bombs, cow-dung bombs” olarak adlandırılırlar

(Şekil 2.9). İç kısımda bulunan gazların genişmesi ve katılaşmış dış kabuğun<sup>13</sup> yırtılması sonucu, üstü uzunlamasına çizilmiş ekmeğe (francala) görünümünde olan bombalara “bread-crust bombs” da rastlanabilir. Bu bombalar asit ve ortaçağ bileşimindeki lavlardan oluşur. Merkezlerinde değişik kayaç parçaları olan bombalar da rastlanır. Bombalar mikroskop altında camsı veya vitrofirik dokuda olurlar. Yüzeğe yakın yerlerde fenokristallerin ve gaz boşluklarının yönlendirilmiş olduğu, akma dokusu da gözlemlenebilir [1].



a) Ribbonbombs [11]



b) Spindlebombs [12]



c) Cow-dung bombs [13]



d) Bread-crust bombs [11]

Şekil 2.9 Oluşum şekillerine göre volkanbombaları .

**Lapilli:** 2 ile 64 mm arasında tane büyüklüğüne sahip piroklastik malzemelerdir. Tane şekilleri ve dokusal özellikleri birbirinden çok farklı olabilir. Katı halde dışarı fırlayan lapilliler belirli bir şekle sahip değildir ve köşeli veya cürufumsu haldedir. Hareket

esnasında sürtünme sonucu oluşan taneler yuvarlaklaşmış ve henüz katılaştıktan<sup>14</sup> dışarı fırlayan lapilli büyüklüğündeki malzeme volkanbombalarının gösterdiği özelliklere sahiptir. Viskozitesi düşük lav parçaları elipsoid, damla veya ipliksi kütleler oluşturur. Böylece birkaç mm çapında damla şeklinde bazalt camlarına (Pele'nin gözyaşı), saç kılı inceliğinde ve cm ile birkaç m uzunluğunda olabilen camlara (Pele'nin saçı) rastlanabilir (Şekil 2.10). Camsı bir kabuk ile çevrili lapilli tanelerin ortasında tek bir kristal veya birkaç mineralden ibaret bir kayaç parçacığı da bulunabilir [1].



a) Pele'nin saçı



b) Pele'nin gözyaşı

Şekil 2.10 Oluşum şekillerine göre bazalt camları [14]

Değişik tane büyüklüğüne sahip piroklastik malzeme içinde, bol miktarda gaz boşluğuna sahip, camsı özellikte volkancürufu (scoria) ve süngertaşı (pumice) parçalarına rastlanır (Şekil 2.11). Bunlar özellikle lapilli veya daha büyük şekilde olabilirler. Süngertaşı asit-ortaç bileşiminde, hacminin % 50'den fazlası gaz boşluğundan oluşan, süngere-köpüğe benzer volkancamıdır. Birbiriyle bağlantısı olmayan gaz boşlukları ve hafifliği nedeniyle süngertaşı suda yüzerken, daha çok bazik bileşimdeki volkancamından oluşan volkancürufu suda dibe çöker.



a) Volkancürufu [15]



b) Süngertaşı [16]

Şekil 2.11 Lapilli şekilde oluşan volkancamları

Derinlerde yüksek basınç altında magmada çözümlü halde bulunan, özellikle su, CO<sub>2</sub> gibi uçucu bileşenler, yüzeğe yaklaşıldığında basınç azalması nedeniyle hızla magmayı terk eder ve katılaşıarak süngertaşı veya cürufu oluşturur. Bazen volkanik kökenli olmayan kayaç parçalarına da lapilli olarak rastlanılabilir (Şekil 2.12). Lapilliler görünümü mum alevine benzeyen, ince-uzun parçalar şeklinde de bulunabilirler. Bunlar birkaç mm ile cm uzunluğunda, yassılaşılmış, camsı lav parçalarıdır; ignimbitlerde tipik olarak bulunur ve ayrıca bir yönlenme gösterirler [1].



Şekil 2.12 Lapilli şekilde bulunan kayaçların görüntüsü [17]

Değişik bileşimde olan (volkancamı, volkanik olan veya olmayan mineral<sup>16</sup> veya kayaç parçaları) volkantozu tanelerinin birbirine yapışıp kaynaşması sonucu oluşan, mm-ender 1 cm çapa sahip, çoğunlukla küresel şekilli tanelere “volkanik pizolit (accretionary lapilli)” denilir. Bunlar halkalar şeklinde iç içe dizili seviyelerden oluşurlar. Özellikle büyük volkanik patlamalarda volkantozu ile doygun su buharı bulutlarına bağlı oluşurlar [1].

***Volkankülü veya Volkantozu:*** 2 mm'nin altında tane büyüklüğüne sahip piroklastik malzemelerdir. Yukarıda anlatılan blok ve lapilli için belirtilen genel özelliklere sahiptir. Daha önce oluşmuş volkanik kayaçlara veya volkanik kökenli olmayan çevre kayaçlara ait kayaç parçaları (lithic fragments), değişik kristaller veya mineral parçaları (crystal fragments) ile volkancamı parçaları (vitric fragments) olabilirler (Şekil 2.13).

Volkancamı parçaları veya kıymıkları süngertaşlarının parçalanması ile oluşur. Kıymıklar gaz boşluklarının ortalama boyutundan daha küçük olan, tipik olarak ay, orak ve Y harfine benzer şekillere sahip, içbükey kısımları gaz boşluğunun iç çeperini gösteren parçalardır. Asit-ortaç bileşimli küllerde cam kıymıklarına çokça rastlanır. Bazik bileşimli küllerde damla veya saç şeklinde, ince-uzun volkancamlarına rastlanır. İnce kesitte bunların izotrop olduğu, sarı-açık kahverengi renk gösterirler.



Şekil 2.13 Volkankülünün görüntüsü [18]

Piroklastik kayaçları dokusal özelliklere göre (tanelerin şekil ve büyüklükleri, birbirleriyle bağlantısı, tabakalanma vb.), minerolojik özelliklerine göre (bileşiminde bulunan kayaç parçacıkları, mineraller ve volkancamı miktarına, volkanik olan ve olmayan malzeme miktarına vb.), oluşum şekillerine göre (havada taşınarak birikenler, kül akıntıları şeklinde akan ve birikenler vb.) olarak ayrılırlar.

Sahip olduğu ilkel sıcaklık nedeniyle piroklastik malzeme “*kaynaşmış (welded)*” olabilir. Kaynaşmamış ve gevşek durumda olan piroklastik malzemenin arasındaki boşlukların-gözeneklerin daha sonra dolaşan çözeltilerin etkisiyle veya mevcut minerallerin bozunması sonucu ortaya çıkan minerallerle doldurulması mümkündür. Bu kayaçlarda çoğunlukla karbonat, kil ve zeolit grubu minerallerinin dolgu/bağlayıcı malzeme olarak bulunduğu görülür [5].

#### **2.4.2.1 Piroklastik Kayaçların Dokusal Özelliklerine ve Minerolojik Bileşimlerine Göre Adlandırılmaları**

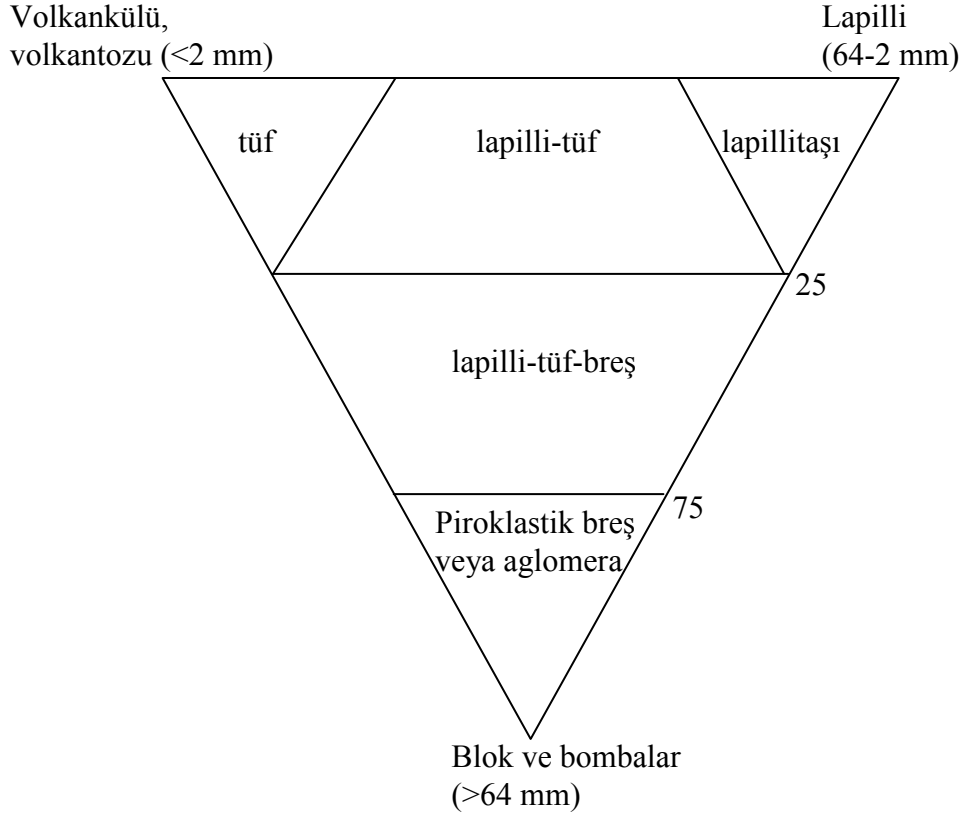
Piroklastik kayaçlar tane büyüklüklerine göre genel adlandırılmaları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Piroklastların ve piroklastik kayaçların tane büyüklüklerine bağlı olarak adlandırılmaları [5:19]

Tane Boyutu	Piroklast türü	Piroklastik Çökeller	
		Çoğunlukla pekişmemiş Tefra	Çoğunlukla pekişmiş piroklastik kayaç
64 mm	Blok-bomba	Aglomera, bloklu tabaka veya blok, bomba içeren tefra	Aglomera, piroklastik breş
2 mm	Lapilli	Lapilli tabaka veya lapillili tefra	Lapillitaşı
1/16 mm	Volkankülü tanesi	Volkankülü	Kaba taneli tuf
		Volkantozu tanesi	Volkantozu İnce taneli tuf



Değişik tane büyüklüğüne sahip bileşen içeren piroklastik kayalar;<sup>18</sup> piroklastik breş veya aglomera, lapilli-tüf-breş, lapilli-tüf, lapilli taşı şeklinde karışık olarak bulunduğu çökellerin adlandırılması gösterilmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Değişik tane büyüklüğüne sahip bileşen içeren piroklastik kayaların adlandırılması [2]

**Piroklastik Breş:** Tane büyüklüğü 64 mm'nin üzerinde olan, köşeli yada nispeten yuvarlakça şekle sahip, % 75 üzerinde parçalar içeren piroklastik kayalardır. Kayaç % 25 kadar lapilli ve/veya volkantozu içerebilir. Bazen “volkanik breş” tanımlaması daha geniş kapsamlıdır ve volkanik kayalardan sedimanter süreçlerle oluşan kayalar olarak da ifade edilebilir [5].

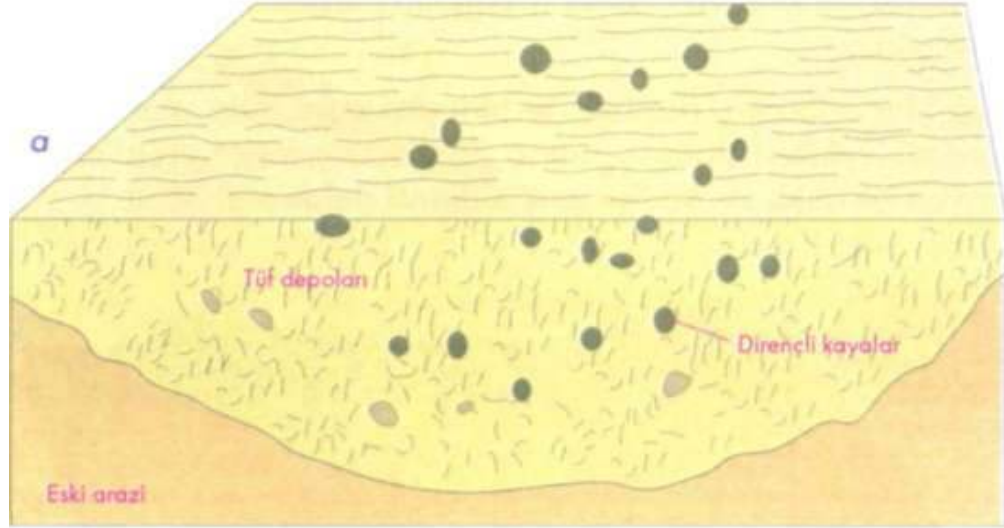
Bu kayaç grubu içinde “*aglomera*” ve “*aglutina*” adı verilen kayaçlarda<sup>19</sup> bulunmaktadır (Şekil 2.15). Bunlar fırlatılma hatta çökme esnasında yarı katılaşmış/plastik durumda olan piroklastik malzemenin pekişmesi ile oluşur ve volkan kraterlerinin, lav göllerinin üst yüzeylerinde bulunur. Aglomeralar başlıca volkanbombasından oluşan piroklastik kayaçlardır. Aglutina ise “*kaynaşmış bomba*” veya “*lapillilerden*” oluşan kayaçlardır [1].



Şekil 2.15 Aglomeranın görüntüsü [20]

**Tüf:** Volkanik püskürme boyunca kraterden dışarı çıkan, konsolide olmuş volkankülü veya volkantozundan oluşan kayaçlardır. Tüf ve tufa terimleri birbirine sıkça karıştırılmaktadır. Oysa birbirinden çok farklı iki kayacı ifade etmektedir. Tüf, volkanik kül matriksi içinde volkanik kayaç ve mineral parçalarından oluşan volkanik bir kayaçtır. Nerede patlamalı bir volkanizma meydana gelirse o yerde tüf bulunabilir. Tüf; bazı kül kayaç ve mineral parçalarının (piroklastik veya tefra) yanmış ve kavrulmuş halde havaya fırladığı ve yüzeye düşük karışarak depolandığı zaman oluşur. Volkanların katılarak volkanik kayaç oluşturmaya uygun olan kayaç parçalarının çoğu püskürerek tüf meydana getirir. Bazen püskürmüş malzeme yüzeye ulaştığında o kadar sıcaktır ki, eriyip birbiri ile karışarak “*kaynamış tüfleri (welded tuff)*” oluşturur.

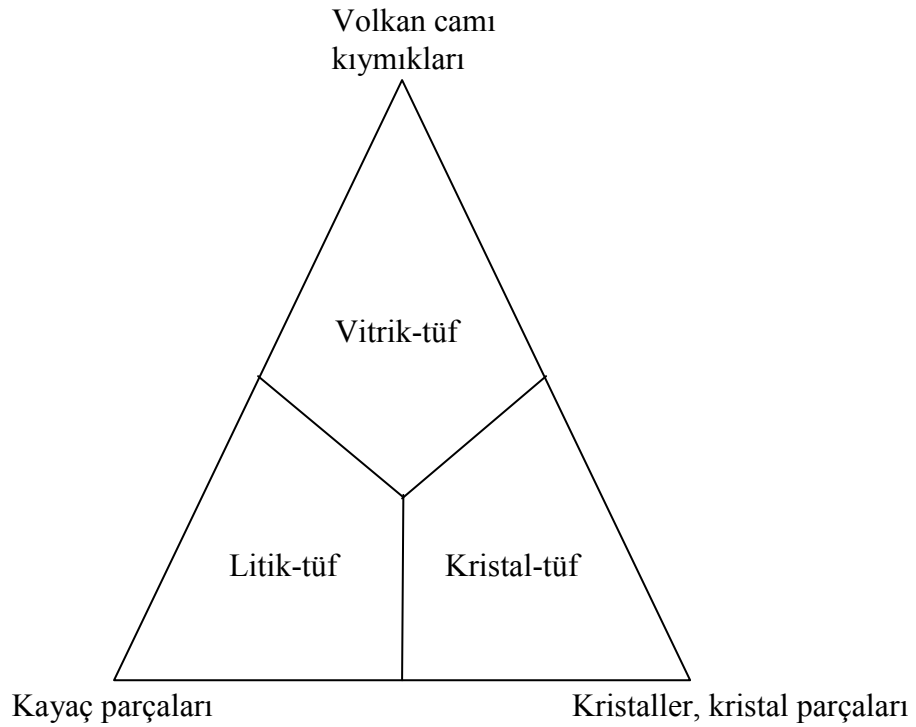
Zamanla, yüzeysel ayrışma gibi diğer değişimlerle tuf depolanmaları oluşabilir (Şekil20 2.16) [1].



Şekil 2.16 Tuf depolarının oluşum şekli [4]

Bazen kıvrımlanma da görülebilir ve yarılp kırılabilir. Yeşil renk, iri klorit parçalarının gelişmesi nedeniyle oluşur. Kristalin şistlerin arasında yeşil yataklanmalar ve kuvars, hornblend, klorit veya biyotit, demir oksitler, feldspat gibi mineralleri içeren yeşil şistler oluşur. Bunlar metamorfizmaya uğrayarak metamorfize tüfleri meydana getirir. Tüfler çoğu kez lav ve sil yapısında oluşan epidiorit ve hornblendşistlere eşlik eder. Bazı kloritşistlerin alterasyonu ile volkanik tuf yatakları oluşur [1]. Bunların buhar boşlukları genellikle kalsitle dolar. Fakat bazen kuvars bulunabilir. Tufa terimi ise, boşluklu ve gözenekli bir traverten türünü ifade etmektedir. Tufa göllerin içinde oluşan doğal akıntıların olduğu yerlerde, şelale yanlarında oluşmaktadır. Kaynak sularının etrafında, kalsiyumun, karbonatların ve diğer iyonların çökmesiyle meydana gelir. Nispeten küçük soğan yapısındaki tufalar kaynakların yavaşça göl içine sızdığı yerlerde şekillenir [1].

Bileşenlerinin büyüklüğüne göre “kaba taneli tuf” ve “ince taneli tuf” şeklinde bir tanımlama da yapılabilir. Başlıca volkancamı kıymıkları, kristal ve kayaç parçaları şeklinde olan ve 2 mm altında tane büyüklüğüne sahip piroklastik malzeme, kayada % 75 üzerinde bulunur. Bu bileşenlerin türüne ve miktarına göre tüflerin adlandırılması aşağıda belirtilmiştir (Şekil 2.17) [2].



Şekil 2.17 Tüflerin içerdikleri bileşenlerin türüne ve miktarına göre adlandırılmaları [1]

Oluşum şekillerine bağlı olarak tüfler hala bazı bilim adamlarına göre sedimanter kökenli, bazı bilim adamlarına göre ise magmatik kökenli olarak kabul edilmektedir. Bunun sebebi, volkanik kökenli bu malzemelerin yer yer sedimanter oluşumlu diğer tortularla ardışıklanma gösterecek şekilde çökmesi ve bunun sonucu olarak “*volkanik arakatlı sedimanter seriler*” meydana getirmesidir [2]. Tuf çeşitleri aşağıda tanımlanmaktadır:

**Riyolitik tüf:** Bims, camsı malzemeler ve küçük skoria parçaları ile kuvars, alkali feldspat ve biyotit gibi mineralleri içerir. Petrografik amaçlarda tüfler genelde volkanik kayaların doğal yapısına göre sınıflandırılır. Bu bağlamda birlikteliği olan ve püskürme sürecince yayılan lavları içerir. Kırıklı bims temiz ve izotoptur. Parçaçıklar çok küçük olduğundan yarım ay, orak veya iki yüzlü içbükey şeklindedir. Bunlar vesiküler camların paramparça olmasıyla oluşur ve bazen bu kül yapısı olarak tanımlanır. Benzer tüfler büyük ölçüde silisifikasyon (opal, kalsedon ve kuvars ile boşluklar dolarak) ve devitrifikasyon nedeniyle değişebilir. Sık oluşan korozyona uğramış kuvars kristalleri lavların içinde oluşur [2].

**Trakitik tüf:** Çok az veya hiç kuvars bulunmaz. Bol ortoklaz, oligoklas ile çoğu kez biyotit, ojit ve hornblend içerir. Yüzey alterasyonu ile yumuşar, ve kaolinle sekonder kuvarsca, zengin kırmızı veya sarı renkli kiltasına dönüşür. Tüflerin çok fazla ekonomik önemi yoktur. Trakitik tüf olan Peperino Roma ve Napoli’de inşaat malzemesi olarak kullanılır. Puzzolan da dekompoze (kompozisyon değişikliğine uğramış) olmuş tüf olup, çimento malzemesi olarak kullanılır ve “trass” denir.

**Andezitik tüf:** Kırmızı veya kahverengi renkte olup, bol bulunur. Skori parçaları, çok büyük bloklardan küçük toz parçalarına kadar çeşitli boyutlarda görülebilir. Boşluklar, kalsit, klorit, kuvars, epidot, kalsedon gibi birçok sekonder minerallerle dolmuştur. Fakat oluşan orijinal lavların ince kesitlerinde dekompozisyona uğramış camsı malzemelerin içinde oluşmuş küçük kristallerin özellikleri görülür [2].

**Bazaltik tüf:** Halen aktif volkanların bulunduğu ve henüz sönmüş volkanik patlamaların olduğu yerlerde görülür. Siyah, koyu yeşil ve kırmızı renkte olup taneli yapı görülmez. Altere olduğunda kalsit, klorit, serpantin ve analsim, pernit, natrolit, şabazit, holandit gibi zeolitçe zengin mineraller içerir. Bu tüflerin bazıları fosil içerir. Diğerleri buzul depolanmalarıyla bulunur. Çoğunlukla olivinli bazaltlarla beraber oluşur.

**Ultrabazik tüf:** Bol miktarda olivin veya piroksen ve çok az feldspat içerir. Sık bulunmaz. Bu sınıf içinde elmas sahalarının yer aldığı peridotit, breş veya kimberlit birimleri Güney Afrika’da yer alırlar. En önemli kayaç tamamıyla okside ve altere

olduğunda, lifli kahverengi veya sarı kitleleri içeren koyu mavimsi gri renkli<sup>23</sup> serpantinlerdir. Bunun dışında, olivin ve ojit (kromdiopsit), hipersten, kahverengi mika, granat, magnetit, ilmenit ve kyanit ile beraber kristalin granat, ojit ve olivinin büyük parçaları bulunur. Kristallerin çoğu kırıklıdır ve kayaç kırıntıları yuvarlağımsı yapıdan dolayı köşelidir. Tüflerin gerçek orijini gevşek ve birbirine bağı olmayan materyal şeklindedir. Fakat daha yaşlı tüfler genelde çok sert olmamakla beraber basınç ve içlerine su almaları nedeniyle çimentolanarak volkanik kayaç oluşur. Bunlar, yeterli derecede sert yapıda olmamalarına rağmen inşaatlarda yapı malzemesi olarak kullanılır [2].

#### **2.4.2.2 Piroklastik Kayaçların Oluşum Şekillerine Göre Adlandırılmaları**

Piroklastik kayaçlar bugün genellikle yeryüzünde aktif volkanlarda yapılan inceleme ve gözlemlere dayanılarak, oluşum şekillerine ve oluşum ortamlarına göre sınıflanıp, adlandırılırlar. Ancak bu tür bir tanımlama jeolojik tarihte meydana gelmiş ve geniş ölçüde alterasyon geçirmiş piroklastik kayaçlara uygulanmasının zor olduğunu ve hatta mümkün olmadığını belirtir [5].

Piroklastik malzemenin gösel veya denizel ortamlarda birikmeleri esnasında veya karada birikenlerin değişik etkenlerle taşınıp tekrar çökelmeleri esnasında çoğunlukla epiklastik malzeme ile karışması mümkündür. Bunun sonucunda oluşan kayaçların adlandırılması içerdikleri epiklastik ve piroklastik malzeme miktarına göre yapılan Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Piroklastik ve epiklastik malzemenin karışık olarak bulunduğu kayaçların adlandırılmaları [5:19]

Piroklastik Kayaç	Tüfit (epiklastik ve piroklastik malzeme karışımı)	Epiklastik kayaç (volkanik olan ve/veya olmayan malzeme içermekte)	Ortalama tane boyu (mm)
Aglomera Aglutina Piroklastik breş	Tüflü konglomera	Konglomera, breş	64
Lapillitaşı Tüf kaba taneli	Tüflü kumtaşı	kumtaşı	2
İnce taneli	Tüflü silttaşı	silttaşı	1/16
	Tüflü çamurtaşı, şeyl	çamurtaşı, şeyl	1/256
% 100	% 75	% 25 (hacim)	% 0
	← (artmakta)	piroklast miktarı	
	→ (artmakta)	volkanik olan ve olmayan epiklastik malzeme ( + tali miktarda biyojenik, kimyasal ve otijenik bileşen) miktarı	

Epiklastik ve piroklastik kayaçları oluşum şekillerine göre 4 grupta açıklarız:

**Piroklastik Geri Düşme Çökelleri:** Büyük volkanik patlamalarla karmakarışık bir şekilde dışarı fırlatılan, değişik tane büyüklüğüne sahip piroklastik malzeme, tane büyüklüklerine bağlı olarak atmosferde bir müddet hareket ettikten sonra yere düşer ve birikir. Blok, volkanbombası ve büyük lapilliler havada balistik kurallara uygun bir şekilde hareket ederek tane büyüklüklerine göre bir boylanmaya uğrar ve patlama noktasının yakın çevresine düşerler. Küçük lapilliler ve volkantozları ise atmosferde daha yukarı çıkabilir ve rüzgarla uzak mesafelere taşınabilir. Piroklastik malzeme atmosferde mevcut hava akımlarından etkilendiği ve taşındığı için geri düşme çökellerinin genellikle çıkış noktasından itibaren hava akımı tarafından belirlenmiş belirli bir yönde birikim ve yayılım gösterdikleri de belirlenebilir [5].

Havadan çökme ile oluşan bu geri düşme çökellerinin tipik özellikleri, tabaka kalınlıklarının ve aynı zamanda piroklastların tane büyüklüğünün çıkış noktasından

uzaklara doğru giderek azalması, malzemenin iyi-orta derecede boylanma<sup>25</sup> göstermesidir. Blok ve bombalar çıkış noktasının yakınlarında bulunurken, volkankülleri onlarca km uzağa, volkantozu binlerce km uzağa taşınabilir ve çökebilir. Malzemenin çıkış noktasının çevresindeki dağılımı püskürme sütunun yüksekliğine bağlıdır.

Bu çökel tabakalarının tabanda kaba, üste doğru giderek ince taneli malzeme içerdiği de gözlenebilir. Çoğu durumda süngertaşı parçaları ile litik taneler arasında tane büyüklüğü bakımından ters ilişki gözükür. Büyük litik taneler tabanda yer alırken, aynı büyüklükteki süngertaşı parçaları tabakanın üst kısımlarında bulunur.

Geri düşme ürünlerinin diğer tipik bir özelliği, yamaçlarda, tepe ve çukur kısımlarında topoğrafyayı aynı kalınlıkta bir tabaka ile, bir örtü gibi kaplamalarıdır. Bu malzeme göl/deniz ortamlarına da düşebilir ve bu ortamlarda çökelmekte olan diğer sedimanlarla karışarak çökebilir. Kül-toz büyüklüğündeki çökellerin üzerine büyük volkanbombalarının düşmesi sonucu çukurluklar (bomb sags) veya tabakalarda şekil bozuklukları da oluşur.

Bu şekilde oluşan piroklastik kayalara “*aglomera*” ve “*aglutina*” girmektedir.

Oluşumlarından sonra rüzgarla havalanan, taşınarak çökelen (resedinmante) ince volkantozu “*tüf lösü*” şeklinde adlandırılır [5].

**Piroklastik Akıntı Çökelleri:** Gazla doymuş, çok sıcak ve yoğun durumdaki piroklastik malzemenin çıkış noktasından itibaren yerçekiminin etkisiyle sıvıya benzer bir akıntı şeklinde topoğrafyayı izleyerek akması mümkündür. Ancak bu malzemenin çok şiddetli patlamalarla bazen eğim yukarı hareket etmesi de mümkündür. Bunlara “*piroklastik akıntı*” denir [5].

Bu akıntının alt kısmı piroklastik malzeme bakımından oldukça yoğun ve ağır bir durumdadır ve üste doğru daha gevşek ve hafif durumda bir toz kütesine dönüşür. Malzeme genelde topoğrafya eğimini izleyerek akar ve çukurlukları doldurur. Çökel



çıkış noktasına çok yakın mesafelerde tipik herhangi bir boylanma ve tabakalanma<sup>26</sup> göstermez. Ancak akış rejimine bağlı olarak kaba tanelerin akıntının tabanında bulunması, yoğunluğu fazla olan tanelerinde akıntının tabanına doğru çökmesi mümkündür. Piroklastik akıntı çökellerinin alt kısımlarındaki bileşenler, üstteki malzemenin ağırlığı ve yüksek sıcaklığında etkisiyle birbirleriyle büyük ölçüde “kaynaşmış (welded)” durumda olabilirler. Bu çökeller volkancürufu ve süngertaşı parçaları, volkancamı parçaları ve kıymıkları, volkanik kayalara ve/veya çevredeki volkanik olmayan diğer kayalara ait parçaları da içerir.

Piroklastik akıntı çökellerine “*ignimbirit*” denilmektedir. İgnimbiritler çoğunlukla riyolitlerin kimyasal bileşimine benzer bir bileşime sahiptir. Bazen dasitik, trakitik ve fonolitik bileşimde gösterirler. Piroklastik akıntı çökellerinin sahip oldukları ve yukarıda belirtilen özellikler, örneğin herhangi bir tabakalanma göstermemeleri, genellikle kötü boylanmalı olmaları, camsı piroklastik malzemenin bol olarak bulunması, yassılaştırmış süngertaşı parçalarının birbirine paralel bir yönelme gösterecek şekilde bulunması, özellikle toz büyüklüğündeki taneciklerin birbirleriyle kaynaşmış olmaları, kayaların gevrek ile çok sert-kompakt arasında değişen dokusal özellik göstermeleri tipiktir [5].

Bileşenlerin birbirleriyle kaynaşma derecesine göre ignimbiritler “*kaynaşmamış ignimbiritler (unwelded tuff)*” ve “*kaynaşmış ignimbiritler (welded tuff)*” şeklinde adlandırılırlar. Bir ignimbirit profilinin orta kısımlarında bulunan bileşenler, üst ve taban kısımlara göre daha yoğun kaynaşırlar. Kaynaşma sürecinin yaklaşık 500°C üzerindeki sıcaklıklarda geliştiği, bazı ignimbiritlerin çökme bölgelerinde 700-800°C arasında olduğuda bilinir.

İgnimbiritler açık renkli kayalardır. Jeolojik tarihte gelişmiş, “yaşlı” ignimbiritler gri, kırmızımsı kahverengi veya yeşilimsi renkler gösterirler. İgnimbiritler, süngertaşı parçaları, volkancamı kıymıkları dışında, çoğunlukla “kemirilmiş” kuvars mineralleri, sanidin, plajyoklaz, biyotit, hornblend vd. mineralleride içerirler. Mineraller gerek taşınma sırasında gerekse çökme sonrası gelişen “tıkızlaşmaya” bağlı olarak kırılıp parçalandıkları da saptanır.

Bir bölgede birden çok ignimbrit akıntısı üst üste yığılabılır. Bunların petrografik incelemelerinde değişik sayıda “piroklastik akıntı birimi”, kütlenin soğumasına bağlı gelişen “piroklastik soğuma birimi” gibi birimler ayırt edilir. Kısa bir zaman aralığı içinde hızla birbiri üzerine yığılan muhtelif piroklastik akıntı birimlerini, detaylı incelemelerle tek bir piroklastik soğuma birimi altında toplamak mümkündür [5].

Tıkız ve sert ignimbritler (kaynaşmış ignimbritler), diğer volkanik kayalardaki gibi, soğuma yüzeyine dik gelişmiş çatlaklar içerir ve buna bağlı sütun şeklinde bölünme/parçalanma gösterirler. Kaynaşmamış ignimbritlerde bitki örtüsünün bulunmadığı erozyon nedeniyle oldukça dik kenarlı/yüzeyli, konimsi yüzey şekilleri (peri bacaları) meydana gelir.

“Lahar” denilen kayalar, oluşum mekanizmalarının benzerlerinden dolayı bu alanda incelenir. Volkanik faaliyetlerin başlangıcında volkan konisi üzerinde bulunan kar veya buzulların aşırı sıcaklık nedeniyle aniden erimeleri, krater göllerinin birden boşalması veya çok şiddetli yağmurlar sonucu, piroklastik malzemenin suyla uygun hale gelmesi, sıcak veya soğuk bir “çamur akıntısı” şeklinde topoğrafya eğimini izleyerek kilometrelerce uzaklıkta hareket edebilir. Bunlara lahar denilir.

Laharlarda piroklastik malzeme karmakarışık halde bulunur ve büyük bloklar değişik büyüklüklerde olabilen piroklastlarla görülür. Malzeme çok kötü bir boylanmaya sahiptir. Uzak mesafelere hareket edebilen laharlarda birkaç dm kalınlığında ince taneli bir taban seviyesi üzerinde metrelerce kalınlığa erişebilen ve boylanmamış malzemenin karmakarışık bulunduğu esas lahar kütlesi gelir. Bunu da üstte doğru tabakalı, bazen çapraz tabakalı tüfitlere geçiş gösterdiği gözlenebilir.

**Denizel/gölsel ortamlarda oluşan piroklastik kayalar:** Bunlar oluşum şekilleri ve dokusal özellikler bakımından diğer gruplardan oldukça farklı bir kayaç türünü oluşturur. Denizaltı volkanizması ile oluşan yastık lavları ile ilişkili olan “hıyaloklastitler” de bu gruba girer [5].

Denizaltındaki püskürmelerle dışarı atılan piroklastik malzeme “türbidit akıntıları” şeklinde hareket edebilir ve çıkış noktasından uzak mesafelere taşınarak boylanmış, az veya çok belirgin tabakalar şeklinde çöker. Bu tabakalarda ayrıca dikey tane boylanması (dereceli tabakalanma) da görülebilir. Bu şekilde oluşan kayaçlara “hıyolaklastik-tüf” denir. Hıyaloklastit-tüflerin özel bir türüne “peperit” denilir. Bunlar lavların suyla doymuş ve gevşek durumda bulunan sedimanlar içine girmesi ve onlarla karışması sonucu oluşur. Koyu renkli ve az çok küresel lav parçalarının açık renkli ve killi karbonattan oluşan bir matriks içinde bulunduğu bu kayaçlar tipik olarak Auvergne (Fransa)’da bulunur.

**İntrüzif piroklastik kayaçlar:** Piroklastik kayaçların oluşumunda etkili süreçler subvolkanik ve intravolkanik koşullar altında da gelişebilir. Bu şekilde yeryüzünün alt seviyelerinde oluşan ve piroklastik özellikler taşıyan kayaçlar erozyon sonucu üstteki malzemenin uzaklaşması ile yüzeye çıkabilirler. Kraterlerin altındaki volkanbacasında oluşmuş “*volkanbacası breşi*” bu şekilde oluşur.

Bunlar herhangi bir bileşime sahip çevre kayacı içinde volkanik süreçlerle oluşan, baca veya çatlak dolgusu olarak bulunan, intrüzif karakter gösteren kayaçlardır. Tabakalanma göstermezler. Bunlar tane büyüklüklerine ve bulunuş şekillerine göre “*baca breşi*”, “*baca tüfü*”, “*çatlak/damar tüfü*” olarak adlandırılır. Derin zonlara inen ve piroklastik breş veya tüf ile dolu bulunan bacalara “*diyatrem*” denir [5].

## 2.5. Piroklastik Kayaçların Bozunması

Piroklastik kayaçlar kolayca bozunurlar. Özellikle yarı duyarlı olan volkancamı parçalarının hızla bozunduğu ve çoğunlukla kristalleştiği (devitrifikasyon) belirlenebilir. Bu şekilde çok ince bir malzemeye dönüşen volkancamı parçalarının başlangıçta ilksel şekillerini korudukları, ancak devitrifikasyonun ilerlediği durumlarda ortadan kayboldukları gözlenir. Ayrıca bozunma sonucu bazik bileşimdeki volkancamlarının montmorillonit grubu kil mineralleri+zeolit ve limonit; asit bileşimdeki volkancamlarının kil ve zeolit minerallerine; piroksen ve olivin minerallerinin

montmorillonit grubu kil mineralleri, limonit ve karbonatlara; plajoklastların kil ve<sup>29</sup> zeolit minerallerine, kalsite dönüşmesi mümkün olmaktadır. Bu dönüşümlerin ürünü olan malzemeye, piroklastları bağlayıcı ince taneli bir malzeme şeklinde kayaçta rastlamak mümkündür .

Piroklastların nisbeten düşük sıcaklıklar altında, alterasyon sonucu “palagonit” oluşur. Özellikle deniz altı volkanizması ile oluşmuş yastık lavlarında veya diğer piroklastitlerde bulunan bazik bileşimdeki volkancamının su etkisi altında bozunması sonucu palagonit oluşur.

Asit-ortaç bileşimdeki volkancamı parçaları ve feldspat mineralleri içeren tüflerin bozunması sonucu “*bentonit*” oluşur. Başlıca montmorillonit grubu kil mineralleri içeren bentonitler taşıdıkları özellikler nedeniyle önemli bir endüstriyel hammadde türünün oluştururlar.

Feldspat ve feldspatoid mineralleri ve asit-ortaç bileşimli volkancamı parçaları içeren tüfler zeolit minerallerine de dönüşebilir. Özellikle ülkemizde bir zeolit türü olan klinoptilolit içeren yataklar bu şekilde oluşurlar.

Kabazit, analsim gibi zeolit minerallerine dönüşmüş volkancamı bakımından zengin tüflere “tras” denir. Tras ve puzzolan şeklinde adlandırılan, zeolit mineralleri bakımından zengin piroklastitler “hidrolik” özelliklere sahiptir. Yani sönmüş kireç ve su ile karıştırıldıklarında duraylı silikat mineralleri oluşur ve bu sebeple çimento ve beton yapımında katkı maddesi olarak kullanılır [1].

## BÖLÜM 3

### TÜRKİYE’DE MEYDANA GELEN VOLKANİK FAALİYETLER

#### 3.1. Türkiye’de Bulunan Volkan Şekilleri ve İç Yapıları

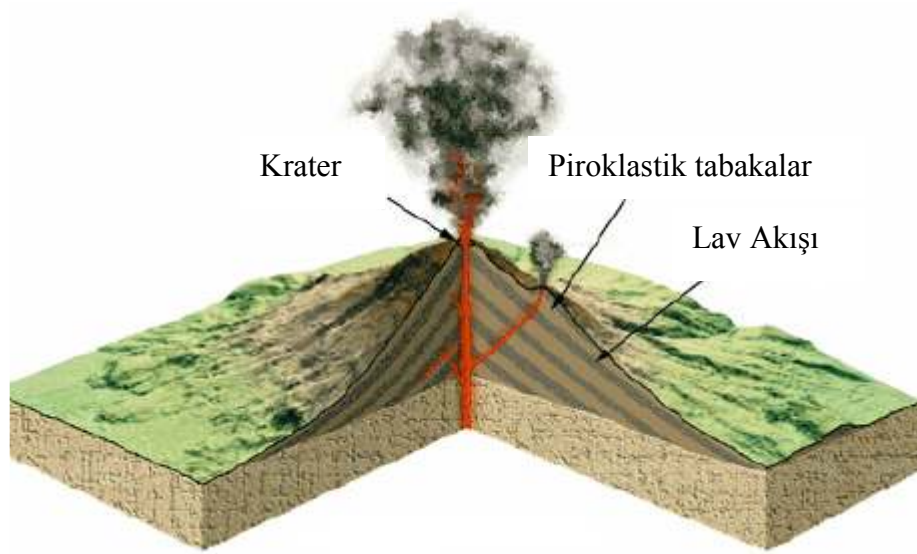
Volkanlar meydana geldikleri arazinin jeolojik-jeotektonik yapısına göre değişik biçimde oluşurlar. Bunlar :

- a) Tabla şeklinde volkanlar : Bir yarıktan çıkarak, geniş alanlara yayılan, bazalt bileşimli, çok akıcı lavların oluşturduğu tabla şeklindeki volkanlardır. Diyarbakır’ın güneyinde bulunmaktadır.
- b) Kalkan şeklinde volkanlar : Tabla şeklindeki volkanlara göre vizkositesi daha yüksek, ağıdalı bir magmanın yüzeye çıkarak katılaşmasıyla oluşur. Bu tip volkanlar, patlama ve çökme nedeniyle lav kubbesinin ortasında bir kazan, bir kaldera şeklinde oluşurlar. Kazan yeni lavlarla dolarak *lav gölünü* oluşturur. Böylece *lav fışkiyeleri* oluşur. Bu volkanlar kalkanı andırarak biçimde hafif kubbemsi bir şekil çizdiklerinden “*kalkan şeklinde volkan*“ adını alırlar. Diyarbakır yöresindeki Karacadağ buna örnektir (Şekil 3.1) [2].



Şekil 3.1 Karacadağ kalkan volkanının şekli [4]

- c) Koni şeklinde katmansız volkanlar : Asit ve yarı bazik magmaların ardı ardına patlama ve akıntıları sonucu oluşan asıl volkanlardır. Volkan konisi üzerine gelen tüf ve lav tabakalarından oluşur. Bu volkanlarda tipik bir kaldera veya krater, bir ya da birkaç baca ve parazit tali konicikler bulunur. Koni şeklindeki volkanlara “*strato volkanlar*” denir (Şekil 3.2).

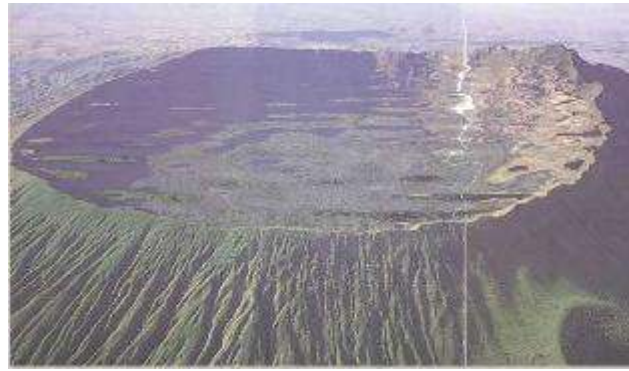


Şekil 3.2 Stratovolkanın enine kesit görüntüsü [21]

Bu volkanlarda lavlar ya krater kenarından veya koni yüzeyinin herhangi bir noktasından çıkarak çevreye yayılır ve daha önce oluşmuş patlama sırasında tüflerle tabakalı bir yapı oluşturur. Ayrıca koni içinde yarıklar lav ile dolar ve böylece dayk ve filon oluşur. Bu filon ve dayklar içinde veya koni yamaçlarda parazit koniler oluşur.

Bazı volkan konileri sadece küllerden oluşur. Bunlar düz ve muntazam olup, yeryüzündeki volkanların % 99'unu oluştururlar. Türkiye'de yakın zamanda aktif olup, bugün sönmüş olan Büyük ve Küçük Ağrı, Süphan, Nemrut, Tendürek, Erciyes, Hasandağları bu volkan tipine girer [2].

- d) Kaldera şeklinde volkanlar : Şiddetli patlama ve püskürmeler sonucunda koni şeklindeki volkanların krateri uçabilir yada çökebilir. Bunun yerine dik yamaçlı leğen biçiminde kraterle oranla çok geniş çukurlar oluşarak kalderayı meydana getirir. Kalderalar aktif halde lav göllerini, sönmüş volkanlarda sularla dolarak krater göllerini oluştururlar (Şekil 3.3). Nemrut dağı'nın 5x2 km boyutlu kalderasında bir krater gölü vardır.



Şekil 3.3 Krater gölünün görüntüsü [22]

- e) Kaldera ve koni şeklinde volkanlar : Kaldera zamanla düzleşerek üzerinde koni kaldera ve koni biçiminde volkanlar oluşturur. Konya'nın Karapınar ilçesi yakınında ortasında ada bulunan bir krater gölü buna örnektir.
- f) Maar şeklinde volkanlar : Ardı ardına patlamalar sonucu geniş kraterler oluşur ve bu krater ağzı açık bir küreğe benzer. Krater duvarlarında volkanın çıkardığı tüflerden ibarettir. Bu şekildeki kraterle *maar* adı verilir (Şekil 3.4). Nevşehir ve Karapınar yörelerindeki göller bu türe örnektir [2].



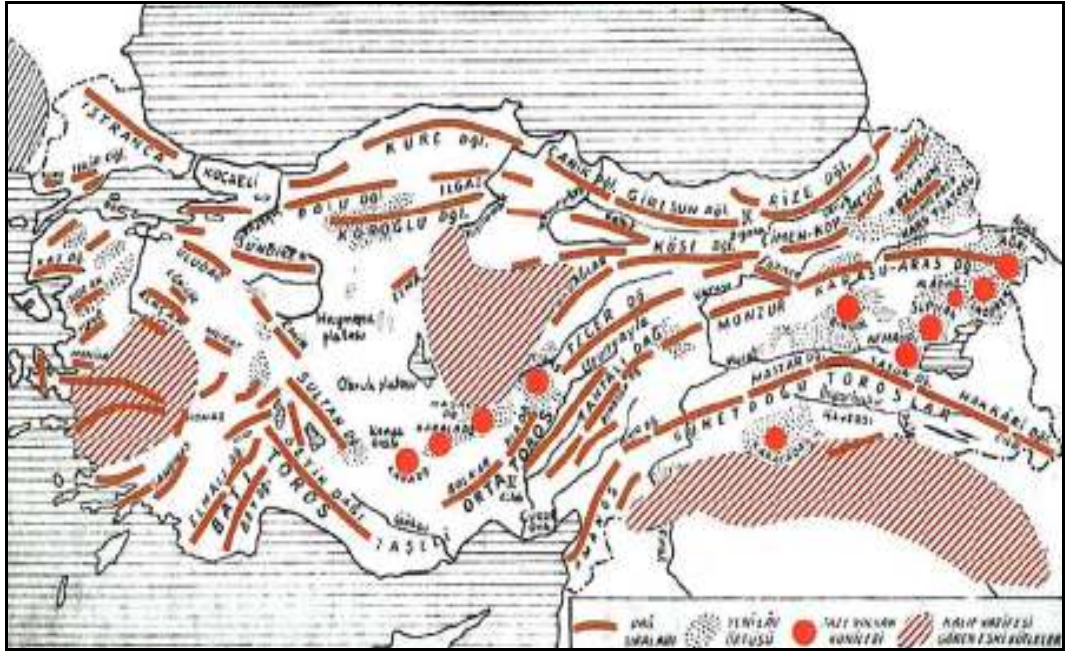
Şekil 3.4 Maar tipi volkanlar [23]

### 3.2. Bölgelere Göre Türkiye’de Bulunan Volkanlar

Türkiye’de volkanik oluşumlar, en yoğun faaliyetlerin olduğu Senozoik’e rastlamaktadır [2]. Orta ve Doğu Anadolu’nun çoğu bu devirde meydana gelen püskürmelerle oluşmuştur. Bunların hepsi de koni biçiminde ve katmanlı volkanlardır. Günümüzde aşınmış ve yaşlanmış birer koniyi andırırlar. Sadece bunlardan Tendürek Dağı ve Karacadağ kalkan ve tabla, Acı göl ve Tuzla maar biçiminde volkanlardır. Nemrut dağı, içi su dolu bir kaldera haline gelmiştir. Tüm bu volkanizmalardan önce andezit bileşimli lavlar, sonra sırasıyla bazalt, dasit, rüyolit ve trakitler meydana gelmiştir.

Bugün yurdumuzda faal bir volkan bulunmamaktadır fakat buna karşın sönmüş volkanların sayısı çok fazladır (Şekil 3.5). Erciyes (Kayseri) ve Kula (Manisa) yanardağları, yakın zamanda faaliyet gösteren genç volkanizmaya örneklerdir [2].





Şekil 3.5 Türkiye'deki volkanik alanların haritası [10]

Volkanizmanın en faal olduğu bu dönemde, binlerce metre kalınlıkta tüf ve lavları oluşturan denizaltı püskürmeleri de oluşmuştur. Bu volkanizma olayları daha çok Kuzeydoğu Anadolu ile Torosları etkilemiştir. Volkanizma faaliyetleri açısından ülkemizi altı bölgeye ayırabiliriz. Bu ayırımda oluşum zamanaları ve lavların bileşimleri dikkate alınmıştır.

- 1) Doğu Anadolu Bölgesi : Bu bölgedeki volkanlar Pliyosen ve Kuvaterner de faal olup, lavlar andezitik ve baziktir. Nemrut, Süphan, Aladağ, Büyük Ağrı, Küçük Ağrı, Allahuekber dağları, Bingöl ve Tendürek volkan konileri bu bölgededir (Şekil 3.6) [2].



Şekil 3.6 Ağrı Dağı volkan konisi [24]

- 2) Karadeniz Kıyı Bölgesi : Samsun'dan Artvin'e kadar uzanan dağlar, Kretase ve Eosen yaşlı andezit, dasit, riyodasit ve lösitli tefrit içeren volkano sedimanter seriler içindeki kayalardan oluşan denizaltı lavlarıdır.
- 3) Ankara-Bolu Bölgesi : Köroğlu ve Işık dağlarını içine alan bu bölgede andezitik tuf ve lavlar hakimdir.
- 4) İç Anadolu Bölgesi : Kayseri, Toroslar, Afyon Bölgesi ve kuzeyde Ilgaz masifi ile sınırlı bu bölgede değişik bileşimli tuf ve lavları kapsar. Erciyes, Hasandağı, Karadağ, Alacadağ bu bölgenin egemen konileridir. Erciyes ve Hasandağında andezit ve bazaltlar, Afyon yöresinde trakit, traki-andezit ve riyolitler, Niğde, Nevşehir ve Ürgüp'de bu tür kayaların tüfleri görülmektedir.
- 5) Batı Anadolu Bölgesi : Batı ve Kuzeybatı Anadolu'da en çok andezit lavları, az miktarda trakit, riyolit ve dasit bulunur. Kula (Manisa) ve Trakya'da bazaltlar mevcuttur (Şekil 3.7). İzmir ve İstanbul boğazı kuzeyi andezit lav ve tüflerle örtülüdür [2]



Şekil 3.7 Kula (Manisa) volkan konisi [10]

- 6) Güneydoğu Anadolu Bölgesi : Özellikle Diyarbakır, Mardin, Urfa yöresinde bazalt lavları tabla biçiminde geniş bir yayılım gösterir [2].

## BÖLÜM 4

### TÜRKİYE’DE BULUNAN TÜFLERİN ÖZELLİKLERİ

Türkiye’de mevcut olan tüfler genellikle pembe ve kirli beyaz renkte oluşmuştur. Derbent bölgesinde bulunan kesme taş ocaklarındaki pembe ve beyaz tüfler görülmektedir (Şekil 4.1-4.2). Bu tüfler genellikle çok düşük birim hacim ağırlığına, çok yüksek poroziteye ve çok fazla şekil değiştirme yeteneğine sahiptirler.



Şekil 4.1 Derbent bölgesine ait pembe tuf blokları



Şekil 4.2 Derbent bölgesine ait beyaz tuf blokları

Pembe tuf, hafif-kaynaşmış bir kül-akışı sonucu oluşan bir tufüdür. Beyaz tufden daha dayanımlıdır. Dikçe dalımlanan sütunsal eklemler içerir. Bu yüzden pembe tuf oluşumları, bulunduğu bölgede dik eğimler oluşturur. Pembe tufün ortasında ve yukarı kısmında, petek şeklinde bozunma özellikleri gözlenir. Pembe tuf; kuvars, K-feldspat, plajiyoklas feldspat, biyotit ve opak minerallerinin fenokristallerini içerir. Çoğunlukla değişen boyutlarda (1-4 cm) pembe pomza ve nadiren kayaç parçaları görülür. Pembe tufte pomzalar, akış ve kaynaşmaya göre yönlenir. Pembe tufte kaya parçaları ve pomzanın şekli, beyaz tufden daha geniştir. Fenokristallerle beraber tüflü bir yapı içine gömülürler [25].

Beyaz tuf; kuvars, K-feldspat, biyotit ve opak minerallerinin fenokristallerini içerir. Ayrıca çeşitli metamorfik kayaç parçaları ve beyaz pomzada gözlenebilir. Fenokristaller, kayaç parçaları ve beyaz pomza hafif bozunmuş tüflü yapı içinde gömülmüştür ve volkanik cam kıymıkları oldukça yaygındır [25].

#### **4.1. Türkiye’de Bulunan Beyaz ve Pembe Tüflerin Malzeme Özellikleri**

Beyaz tüfler çoğunlukla tüflü yapının içine gömülmüş küçük metamorfik kayaç parçaları olan fenokristallerden oluşur. Pembe tüfler ise çoğunlukla, tüflü yapının içine gömülmüş büyük metamorfik kayaç parçaları olan fenokristallerden oluşur. Bu da çevresinde yerel yüzey aşınma ile oluşan bozunmaya uğramamış yapılar geliştirmiştir.

Topal ve Doyuran, yaptıkları Kapadokya tüflerinin bozunma analizi ile ilgili çalışmalarında kendi buldukları sonuçlarla Kapadokya tüflerinin malzeme özelliklerini inceleyen diğer araştırmacıların çalışmalarını Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi karşılaştırmışlardır [25].

Çizelge 4.1. Kapadokya tufunun malzeme özelliklerinin karşılaştırılması [25]

Malzeme özellikleri	Topal ve Doyuran (1997)		Erguvanlı ve Yüzer (1977)	Erdoğan (1986)	METU (1987)	De witte vd. (1988)	Erguvanlı vd. (1989)
	Numune sayısı	Ortalama					
Kuru birim hacim ağırlık(kN/m <sup>3</sup> )	10	13.60	11.50	15.10	13.90	14.02	15.90
Doygun birim hacim ağırlık(kN/m <sup>3</sup> )	10	17.75	-	19.20	-	-	19.20
Porozite(%)	10	38.29	28	28.76	32.72	42	28.76
Ağırlıkça atm. basıncı alt. su emme (%)	10	21.60	25	27.50	-	-	27.50
Ağırlıkça basınç alt. su emme (%)	10	28.08	-	-	-	-	-
UCS-kuru-dikey (MPa)	10	6.53	5.5	6.5	6.07	-	6.5
UCS-kuru-yatay (MPa)	10	4.87	-	-	-	-	-
Elastik modülü-kuru-dikey, E (GPa)	10	3.08	1.40	2.4	-	-	2.4
Elastik modülü-kuru-yatay, E (GPa)	10	3.26	-	-	-	-	-
Possion oranı-kuru-dikey, v	10	0.20	-	-	-	-	-
Possion oranı-kuru-yatay, v	10	0.19	-	-	-	-	-
Suda dağ. karşı duy-2. devir (%)	2	84	-	-	-	-	-

Ayrıca Sözmen, Yazılıkaya tüfleriyle ilgili yapılmış 3 farklı çalışmadaki deneysel sonuçları karşılaştırarak Çizelge 4.2'yi oluşturmuştur [26]. Sözmen, deney sonuçlarının birbirine yakın olmasına rağmen, aradaki farklılıkların sebebinin deney yapılan numunelerden kaynaklanabileceği belirlemiştir.

Çizelge 4.2. Yazılıkaya tüflerinin malzeme özelliklerinin karşılaştırılması [26]

Malzeme özellikleri	Sözmen (2000)		Ayday ve Göktan (1990)		Binal vd. (1998)	
	Beyaz tuf	Pembe tuf	Beyaz tuf	Pembe tuf	Beyaz tuf	Pembe tuf
Kuru birim hacimağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	12.22	14.49	11.50	15.80	-	-
Doğgun birim hacim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	16.03	17.77	-	-	-	-
Porozite (%)	38.82	33.48	28.30	24.20	33.10	29.10
Ağırlıkça atm. basıncı altında su emme	23.17	17.90	24.60	15.30	-	-
Ağırlıkça basınç altında su emme (%)	31.17	22.79	-	-	22.40	28.40
Kuru-tek eksenli basınç dayanımı	10.00	16.95	8.15	18.23	11.00	25.50
Doğgun-tek eksenli basınç dayanımı	3.76	10.89	3.55	10.46	-	-
Suda dağ. karşı duyarlılık- 2. devir (%)	91	96	92.20	96.80	87	95.50

Sözmen, çalışma sonuçlarını değerlendirdiğinde, beyaz ve pembe tufün özelliklerini daha iyi karşılaştırmıştır. Buna göre aşağıdaki sonuçlara varmıştır:

- Porozite ve birim hacim ağırlık, bir kayacın dayanımını etkileyen önemli özelliklerdir. Bir kaya malzemesinin bünyesindeki deliklerin varlığı onların dayanımını azaltır ve deforme olmalarını artırır. Çizelgede kuru ve doğgun birim hacim ağırlıkları (kN/m<sup>3</sup>) ve porozite (%) sonuçlarına göre, beyaz ve pembe tuflerin çok yüksek poroziteye ve düşük bir birim hacim ağırlığına sahip olduğu görülmektedir.
- Atmosfer basıncı altında su emme deneyi, bir kayacın atmosfer basıncı altında emilen su miktarını ölçmek için yapılır. Basınç altında su emme deneyide, belli basınç altında kayaç tarafından emilen suyun miktarını yüzdece belirtmek için yapılır [26].
- Tek eksenli basınç dayanımı, bozulmamış kayacın dayanım sınıflandırması ve karakterizasyonu için yapılmaktadır. Anon(1979) ve ISRM(1981)'de önerilen tek eksenli basınç dayanımı sınıflandırmasına göre beyaz tuf zayıftan çok zayıfa doğru iken, pembe tuf kısmen güçlüden zayıfa doğrudur.

- Gamble'nin suda dağılmaya karşı duyarlılık sınıflandırmasına göre (Goodman, 1989) pembe tuf yüksek duyarlılıkta olmasına rağmen beyaz tuf orta-yüksek duyarlılıktadır [26].



## BÖLÜM 5

### TÜFLERİN KULLANIM ALANLARI ve İLGİLİ STANDARTLAR

#### 5.1.Tüflerin Kullanım Alanları

Tüf ve ignimbirit türü volkano-sedimanter kayalar, yumuşak ve kolay işlenebilir özellikte olmaları nedeniyle, tarih boyunca insanoğlunu cezbetmiştir.

Türkiye’de özellikle tüflerin yoğun olduğu Nevşehir’de bulunan Kapadokya bölgesi turizm açısından oldukça zengindir. Kapadokya, erozyonun oluşturduğu peribacaları, kaya kiliseleri, vadileri, yeraltı şehirleri ile ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.1). Dünyanın birkaç bölgesinde de görülen peri bacaları, hiçbir yerde Kapadokya’da olduğu kadar yoğun bir şekilde bulunmamaktadır. Tabiatın bu cömertliğinden yararlanan insanoğlu, oyulmaya çok elverişli olan bu kalın kaya kütesini oyarak, günün şartlarına göre evler, manastırlar, kiliseler ve yeraltı sığınakları yapmıştır. Özellikle Hıristiyanlığın Anadolu’da yayılmaya başlamasıyla birlikte, Kapadokya’nın jeolojik yapısının verdiği bu avantajla manastır ve kilise sayısı binlerle ifade edilen sayıya ulaşmış ve Hıristiyan keşişlerin merkezi durumuna gelmiştir. Tarih boyunca, yeraltı şehirlerinin yüzeye yakın bazı mekanlarından depo, kiler, ahır olarak yararlanılmıştır [30]. Frigler’den Bizans’a kadar uzanan bir dönemde, tüfler kolay işlenebilir olduklarından, dini ve sosyal mekanların yapımında sıkça kullanılmıştır.



Şekil 5.1 Kaymaklı (Nevşehir)'da antik zamanda kullanılan bir yer altı şehri [27]

Tüfler, çok eskiden beri Anadolu'da ev yapımında kullanılan bir malzeme olarak bilinmektedir. Halen özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde tüften inşa edilmiş evler görülmektedir (Şekil 5.2). Bunun sebebi tüflerin ısıyı koruyarak muhafaza etme yeteneğine sahip olmalarıdır. Ayrıca besi damları, tavuk çardakları ve fırın yapımında kullanılmaktadır. Günümüzde, Konya ve Nevşehir'de tahıl ambarları olarak ve yoğurt, limon gibi besinlerin saklanması da kullanılmaktadır.



Şekil 5.2. Derbent'de tüften yapılmış bir ev

Isparta'da kaynaklanmış tüflerin fiziko-mekanik özellikleri ve kimyasal özellikleri belirlenerek ısı tasarrufu açısından önemi ortaya konmuştur. Isparta'da yüzeylenen kaynaklanmış tüfler Gölcük volkanizmasının ürünüdür ve kaynaklanmış

tüfler porfiritik dokuda olup, fenokristalleri sanidin, oligoklaz, piroksen, amfibol ve opak minerallerinden oluşmaktadır. İçinde % 15 oranında zeolit olduğundan yapıtaşı olarak kullanıldığında binanın nem içeriğini düzenlemektedir. Kaynaklanmış tüflerin taşından yapılmış cami, kilise ve antik binaların aradan 1500 yıl geçmesine rağmen sağlam kaldığı görülmüştür. Gözenek oranının yüksek olması nedeniyle (% 40) ısı yalıtımı açısından faydalıdır. Betonun ısı yalıtımına kıyasla binaların dış duvarlarında %60' lara varan yakıt tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır. Ayrıca kaynaklanmış tüfler Göltaş çimento fabrikası tarafından *trass* olarak değerlendirilmekte ve üretilen çimentoya puzolanik etki yaparak çimentonun kalitesini artırmakta ve çimentonun dış etkilerle korozyonunu engellemektedir [28].



Şekil 5.3 Volkanik kökenli doğal puzolanlar [29]

Puzolanlar (traslar),  $\text{SiO}_2$  ve az miktarda  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'den oluşan maddelerdir [30]. Su ile karışınca çamur haline gelir, kuruduktan sonra tekrar eski haline gelirler. Ancak kireçle karışırsa bağlayıcılık özelliği kazanır ve suda erimeyen bir kalsiyum silikat tuzuna dönüşür. Puzolanlar kirece katıldıkları gibi çimentoya da üretim sırasında katılır ve “katkılı Portland çimentosu”, “traslı çimento” dediğimiz çimentolar elde edilir. Böylece çimento kimyasal etkilere daha dayanıklı olur.

Zeolitler alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapısına sahip sulu alüminyum silikatlarıdır [31]. Zeolitler geniş uygulama alanları için spesifik kullanımı sağlayan, karakteristik özelliklere sahiptirler. Bu özellikler yüksek hidratasyon enerjisi, kation değişim özellikleri, elektriksel iletkenlik, gaz ve su buharı adsorpsiyonu, katalik davranışlar, düşük yoğunluk ve boşluk hacmi, düzgün moleküler boyutlu kanal sistemidir.

Zeolitik tüflerin ısı davranışı incelenerek onların hafif agregalar ve beton tuğla üretiminde kullanıldığını incelemiştir. Ayrıca düşük maliyeti ve basit işlemleri nedeniyle seramik endüstrisinde yapı malzemesinin bir alternatif kaynağı olmuştur [32]. Türkiye'nin kuzeybatısında (Trabzon-Bayburt bölgesinde) doğal puzzolan özelliği gösteren tüflerin çimentoda kullanılabileceği araştırılmıştır [33].

Zeolitik tüflerin fiziksel yapıları ve kimyasal özellikleri yüzünden kirlilik yönetimi, enerji, tarım, hayvancılık ve ana metalurji gibi alanlarda kullanılan endüstriyel hammaddeler arasında önemli bir durum oluşturur. Kimyasal (reaktif  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bileşeni), fiziksel (yüksek yüzey alanı, yüksek kation değişim kapasitesi ve poroziteye), çevresel ( $\text{Cr}^{+6}$  adsorpsiyonu, anti bakteriyel etmen, nem belirleme malzemesi ve ekonomik (yüksek rezervler, üretimin düşük maliyeti) özellikler, inşaat malzemesi teknolojisi için zeolit davranışı gösterir [34].

Pomza, volkanik patlama sırasında şekillenen, camsı, köpüksü, çok hafif ve açık renkli olarak oluşan bir piroklastik kayadır (Şekil 5.4). Pomza, hafif beton yapımında ve abresive-parlatıcı olarak mermer sektöründe ve kozmetik sanayinde kullanılır. Çimentoda katkı maddesi olarak kullanıldığında, ince taneli bimis türü puzzolan olarak adlandırılır [5].



a) Zeolit

b) Pomza

Şekil 5.4 Endüstride kullanılan kayaçlar [35]

Pomzanın (volkanik tuf) yoğunluğunun düşük, gözenekli, ısı-ses yalıtım özelliğinin iyi olması ve tarımsal yapılarda aşırı yük oluşturmaması nedeniyle son yıllarda kullanımının arttığı görülmüştür. Pomzadan üretilen yapı elemanlarının ısı yalıtımı diğer malzemelerden daha fazladır. Pomzanın tarımsal yapılarda ısı-nem dengesinin sağlanmasına yardımcı olmakta, barınaklar az enerji ile ısıtılmakta ve daha az enerji tüketimi ile çevre kirliliği ortadan kalkmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerde iri pomza, hafif beton blokların ve briketlerin yapımında kullanılmaktadır. Pomza, normal kum ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Bu nedenle pomza ile yapılan betonlarda normal betondan daha hafif olur ve pomzadan yapılan bloklar, briketler ve diğer kullanım şekilleri zaman ve işçilikten ekonomi sağlamaktadır. Pomzanın gözenekli olması, pomza betonun kullanıldığı tarımsal yapılardaki ısı ve ses yalıtımını istenilen duruma getirir ve ısı kayıpları % 50 azalır [36]. Ayrıca pomza katkılı betonlar normal betona oranla yangına karşı % 20 daha dayanıklıdır. Pomza betonu elastik olduğundan depreme karşı dayanıklıdır ve dondan etkilenmez. Zemin mekaniği açısından temele iletilen yük azalacağından inşaat demirinden % 17 ekonomi sağlanır. Pomzanın ısı geçirgenlik katsayısı normal betondan 6 kat daha fazla yalıtım sağladığından daha büyük enerji tasarrufu sağlanmaktadır [36].

Pomzanın diğer kullanım alanlarından olan ve kil ile karıştırılmasıyla elde edilen pomza katkılı tuğla, boşluk oluşturan tanelerin etkisiyle hafiflik, yüksek dayanım, iyi ısı-ses yalıtımı, yangına karşı dayanım gibi üstün özelliklere sahiptir. Pomzanın tuğla kiline katılması ile hem ekonomik yönden değerlendirilmesi ve hem de yapı fiziği özellikleri geliştirilmiş hafif tuğla üretimi olasıdır [36].

Ayazini (Afyon) tüflerinin fiziko-mekanik testler sonucu betonarme karkas yapılarda duvar dolgu malzemesi ve yığma yapı temellerinde su basma seviyesinin üzerinde kalan kesimlerde yapı taşı olarak kullanılabilen özelliklerde olduğu görülmüştür [37].

Fidan yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamı ve gübre uygulamalarının etkisinin araştırıldığı çalışmada ise; bazaltik tüflü (siyah volkanik tüf) ortamın ve  $N_1P_1K_1$  (24 mg N, 30 mg P, 12 mg K) gübre uygulamasının fidanların kitlesel büyümeleri açısından uygun olduğu belirtilmektedir [38]. Ayrıca gübre kokusunu giderici olarak da kullanılmaktadır.

Zeolitin bir çeşidi olan klinoptilolitin (zeolitli tüfler) fizikokimyasal özelliklerinden dolayı, bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyicisi olarak tarımcıların uzun zamandır ilgisini çekmiştir. Ayan, yaptığı çalışmada klinoptilolitin yüksek bir amonyum absorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Zeolit minerali, yüksek absorpsiyon yeteneğine, iyon değiştirme özelliğine ve kataliz ve dehidrasyon özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte, bitki besin maddesi desteği ve bitki yetiştirme ortamını elverişli duruma getirmeye yardımcı olabilmektedir. Bu özelliklerden dolayı klinoptilolit saf veya karışım olarak bitki yetiştirme ortamında ve toprak özelliklerinin düzenlenmesinde kullanılacak uygun bir malzeme olarak kabul edilmektedir [39].

## 5.2 Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Doğal Taşlara Ait Standartlar

Tüfler, çeşitli bölgelerde yapı taşı olarak kullanılırlar. Bu nedenle, bu çalışmada Derbent tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliği üzerinde durulmaktadır.

TSE internet sayfasından yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlara ait standartlar Çizelge 5.1’de sıralanmıştır [40].

Çizelge 5.1 Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal taşlar [40]

TS No	Standart Adı
TS 6234	Granit-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 6234/T1	Granit-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 11443	Oniks Mermeri- Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 11443/T1	Oniks Mermeri-Kalsiyum Karbonat Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 11143	Traverten-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 11443/T1	Traverten-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 5762	Diyabaz-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 5762/T1	Diyabaz-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 10835	Andezit-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 10835/T1	Andezit - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 11145	Konglomera - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 11145/T1	Konglomera - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 11145/T2	Konglomera - Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan
TS 10834	Gabro-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 10834/T1	Gabro-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 11137	Kireçtaşı (Kalker)- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 11137/T1	Kireçtaşı (Kalker)- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS 10449	Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan
TS 10449/T1	Mermer-Kalsiyum Karbonat Esaslı-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1
TS EN 1469	Doğal Taş Mamulleri-Kaplamada Kullanılan Plakalar-Özellikler

Çizelge 5.1’de verilen standartlara göre doğal yapı ve kaplama taşlarının taşınması gereken özellikler Çizelge 5.2’de bir arada verilmiştir.

Çizelge 5.2 Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan çeşitli doğal taşların genel özellikleri

[40]

TS No	Kayaç Türü	Birim Hacim Kütle (g/cm <sup>3</sup> )	Su Emme Oranı (%)	Donmaya Karşı Mukavemet (%)	Aşınmaya Karşı mukavemet (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	Darbeye Karşı Mukavemet (kg/cm <sup>2</sup> )	Basınca Karşı Mukavemet (kgf/cm <sup>2</sup> )	Eğilmeye Karşı Mukavemet (kg/cm <sup>2</sup> )	Porozite (%)
6234	Granit	2.56<	<0.75	<5	<15, <10	6<, 10-12<	1200<	75<	0.5
11443	Oniks	2.6<	<0.6	<1	<15, <20	0.6<, 0.4<	500<, 300<	-	-
5762	Diyabaz	2.55<	<0.75	<5	<15, <10	6<, 12<	1200<	75<	<2
10835	Andezit	2.55<	<0.7	<1	<17, <28	10<, 6<	1000<, 600<	60<, 80<	-
11145	Konglomera	2.55<	<1.8	<2	<15, <25	80<, 50<	700<, 400<	70<, 50<	-
11137	Kireçtaşı	2.16<	<4	<2	<10, <15	60<, 40<	500<, 300<	-	-
10834	Gabro	2.6<	<0.4	<1	<15, <25	12<, 8<	1200<, 800<	100<, 80<	-

Yukarıda verilen standartlar doğal yapı ve kaplama taşları için olup tüflerin kaplama taşı olarak kullanımını olmadığından doğal yapı taşı olarak değerlendirilebilirliği için yeterli değildir. Bu açıdan bakıldığında, tüflerin kullanımı yapılarda ara duvar elemanı olduğundan doğal dolu tuğla görevini görmektedir. Tüflerin doğal yapı taşı olarak kullanımına yönelik bir standart bulunmadığından, söz konusu kullanım şekline yönelik standartlar incelenmiştir. Bu amaçla, kagir, bimsbeton ve gazbeton/köpükbeton ile ilgili standartlar incelenmiştir.

Kagir, yapay veya doğal taşların harç kullanılarak bağlanması sonucu oluşturulan taşıyıcı yapı elemanına denir [30]. Çizelge 5.3’de kagir birimlerle ilgili standartlar verilmiştir. İnşaat teknolojisinde kagir, uzun yıllar en önemli malzeme ve yapı elemanı olarak kullanılmıştır. Kagir duvarlar, düşey yük taşıyan harç ve taştan oluşan bir kompozit yapı elemanıdır. “Kagir birimler-özellikler-bölüm 2: kireç kumtaşı kagir birimler” standardı, iç duvarlar, dış duvarlar, bodrumlar, temeller ve bacalar gibi yapı kısımlarında kullanılmak için tasarlanan kireç kumtaşı (kalsiyum silikat) kagir birimlerin özelliklerini ve performans kriterlerini kapsar. Basınç dayanımı ve brüt kuru birim hacim kütlelerine göre sınıflandırma Çizelge 5.4. ve Çizelge 5.5’de verilmiştir [41].



Çizelge 5.3 Kagir birimler ile ilgili standartlar [40]

TS No	Standart Adı
TS EN 771-3	Kagir Birimler-özellikler-Bölüm 3: Beton Kagir Birimler (Yoğun ve Hafif Agregalı)
TS 453	Gaz ve köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları
TS 3234	Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları
TS 808 EN 771-2	Kagir Birimler-Özellikler-Bölüm2: Kireç Kumtaşı Kagir Birimler
TS 705	Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikler
TS EN 772-2	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 2: Beton Kagir Birimlerin Boşluk Alanı Yüzdesinin Tayini (Kâğıtta İz Çıkarma Metodu İle)
TS EN 772-3	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 3: Kil Kagir Birimlerin Net Hacmi ve Boşluk Yüzdesinin Su İçerisinde Tartma Metoduyla Tayini
TS EN 772-4	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 4: Tabii Taş Kagir Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi İle Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlelerinin Tayini
TS EN 772-7	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 7: Kil Kagir Su Yalıtım Tabakası Birimlerinde Suda Kaynatma Metoduyla Su Emme Tayini
TS EN 772-9	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 9: Kireç Kumtaşı Kagir Birimlerin Boşluk Hacmi ve Yüzdesi İle Net Hacimlerinin Kum Doldurma Metodu İle Tayini
TS EN 772-10	Kagir Birimler- Deney Metotları- Bölüm 10: Kireç Kumtaşı ve Gazbeton Birimlerde Rutubet Muhtevası Tayini

Çizelge 5.4 Kireç kumtaşı kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımına göre sınıflandırılması [41]

Basınç dayanımı sınıfı	Standartlaştırılmış basınç dayanımı, (MPa)
5	5.0
7.5	7.5
10	10.0
15	15.0
20	20.0
25	25.0
30	30.0
30	35.0
40	40.0
45	45.0
50	50.0
60	60.0
75	75.0

Çizelge 5.5 Kireç kumtaşı kagir birimlerin brüt kuru birim hacim kütlelerine göre sınıflandırılması [41]

Brüt kuru birim hacim sınıfı	Birim hacim kütleleri sınırları (kg/m <sup>3</sup> )
2.4	> 2200
2.2	2010-2200
2.0	1810-2000
1.8	1610-1800
1.6	1410-1600
1.4	1210-1400
1.2	1010-1200
1.0	905-1000
0.9	805-900
0.8	705-800
0.7	605-700
0.6	505-600
0.5	≤ 500

Tüfler bina yapımında doğal tuğla malzemesi olarak kullanılmaktadır. Dolu tuğla, deliksiz olan veya toplamı üst yüz alanının % 15'ini geçmeyecek kadar delikleri bulunan tuğladır [42]. Tuğlalar, hacim ağırlıklarına göre Çizelge 5.6'da sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.6 Hacim ağırlıklarına göre tuğlalar [42]

Tuğla sınıfı	Hacim kütleleri (kg/m <sup>3</sup> )	Delik Oranı (%)
Dolu tuğla	2000-1800	15
Seyrek delikli tuğla	1600-1400	20-25
Az delikli tuğla	1200	35

Bimsbeton, agrega olarak bims agregaları kullanılan gerektiğinde kum ilave edilerek yapılan hafif bir beton türüdür [43]. Sertleşmiş bimsbetonda Madde 6.4.2'ye göre bulunacak kuru birim hacim kütleleri Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 Bimsbeton türlerine göre ortalama kuru birim kütleleri [43]

Beton Sınıfı	Ortalama Kuru Birim Kütlesi (kg/m <sup>3</sup> )
BB 40	1000
BB 80	1100
BB120	1200
BB160	1300

Türk standartlarına uygun portland çimentoları ile yapılmış bimsbetonların dayanımları 28 günlük basınç deneyleri sonunda saptanır. Bimsbeton 28 günlük basınç dayanımlarına göre Çizelge 5.8’de gösterildiği gibi dört gruba ayrılır.

Çizelge 5.8 Bimsbeton türleri ve basınç dayanımları

Beton Sınıfı	15 cm’lik deney küplerinin 28 günlük en az Basınç dayanımları (MPa)
BB 40	4.0
BB 80	8.0
BB120	12.0
BB160	16.0

“Gaz ve köpük beton yapı malzeme ve elemanları”standartı, gazbeton ve köpükbeton yapı malzeme ve elemanlarını Derbent tufu ile karşılaştırmak için kullanılmıştır [44]. Gazbeton-köpükbeton, ince öğütölmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturucu bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar küre ile sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif betondur. Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıflarına göre basınç mukavemetleri ve birim hacim ağırlıkları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıflarına göre basınç mukavemetleri ve birim hacim kütlesi [44]

Sınıfı	Ortalama en küçük basınç mukavemeti değeri (MPa)	Birim hacim kütlesi kg/dm <sup>3</sup>
G1	15 (1.5)	0.4-0.5
G2	25 (2.5)	0.4-0.5
G3	35 (3.5)	0.5-0.6
G4	50 (5.0)	0.6-0.7
G5	75 (7.5)	0.7-0.8

## BÖLÜM 6

### DERBENT BÖLGESİNİN JEOLojİSİ

#### 6.1. Derbent Çiftliği Çevresinin Jeolojisi

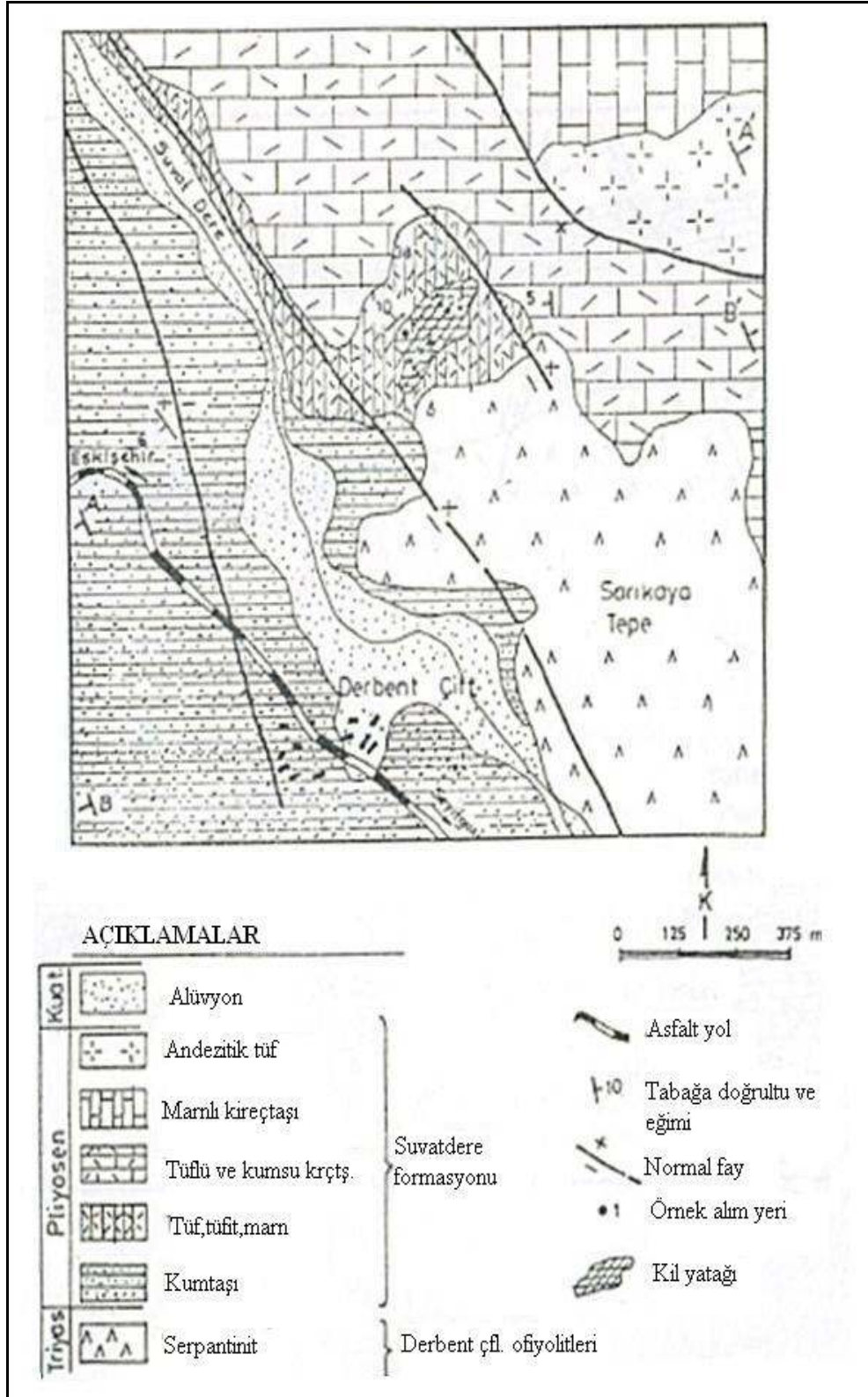
Çalışma alanı, Eskişehir ili'nin yaklaşık 20 km güneydoğusunda gösterildiği gibi Derbent Çiftliği çevresindedir (Şekil 6.1). Lokal bir oluşum olan bu kil yatağının, jenetik olarak Neojen yaşlı gölsel seriye ait tuf ve tüfitlerin yüzeysel alterasyonu ve kısmen de yeraltı sularının etken olduğu bir ortamda oluştuğu söylenebilir [45].



Şekil 6.1 Derbent bölgesi haritası

## 6.2. Derbent iftliği Ofiyolitleri

Birim, dunit, peridotit ve serpantinlerden oluşmaktadır. Dunit ve peridotitlerin kırıklı deformasyonları sonucu serpantinlere dounuşmu, farklı derecelerde ve şiddette yaygınlık kazanmaktadır. Dolayısıyla serpantinleşmiş bir matriks içinde dunit ve peridotitleri birbirinden ayırmak ve sınırlarını çizmek oldukça güçleşmektedir. İnceleme alanının temelini oluşturan bu birim uştten Pliyosen yaşlı Suvatdere formasyonu tarafından ortuľmektedir. Birimdeki oluşuklar Derbent iftliği kuyunun doğusunda Sarıkaya tepe civarında yuzeylenmekte olup, Derbent iftliği kuyune atfen “Derbent iftliği Ofiyolitleri” adı verilmiştir. Birimin yaşının yakın yoredeki ofiyolitlerle kıyaslandığında Triyas yaşta olması olasıdır (şekil 6.2) [45].



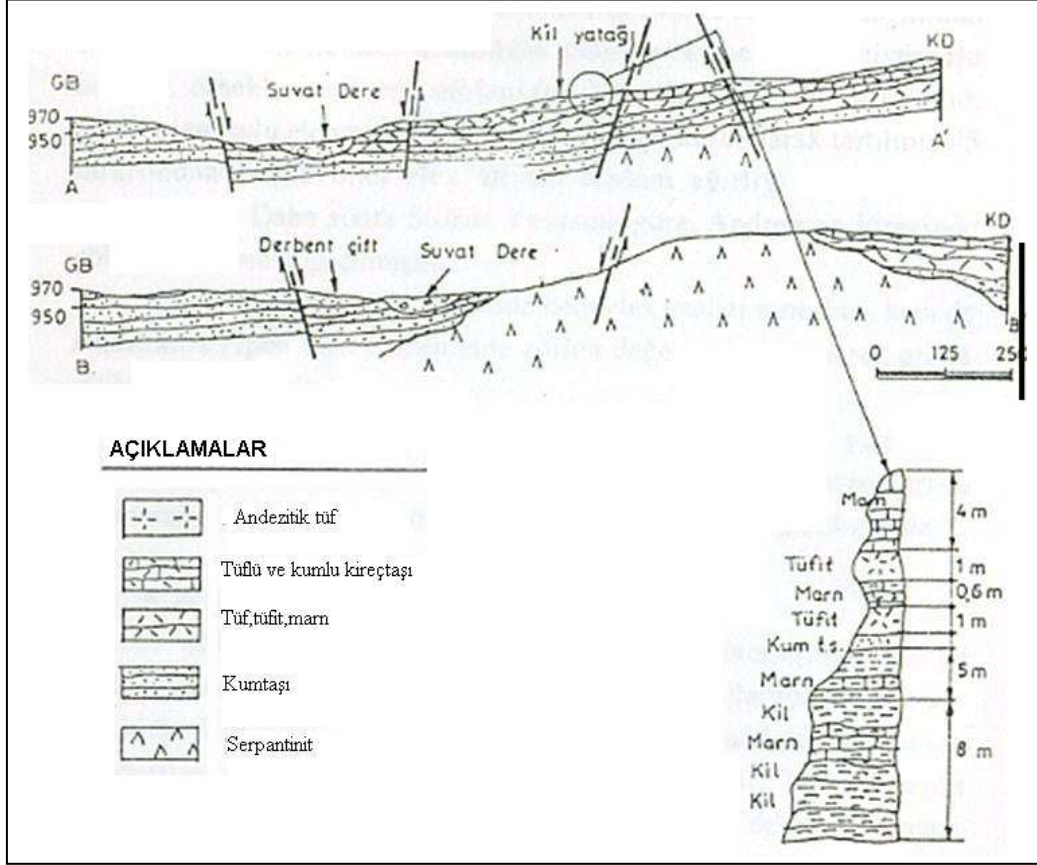
Şekil 6.2 Derbent Çiftliği çevresinin jeoloji haritası [45]

### 6.3. Suvatdere Formasyonu

Görsel Pliyosen çökellerinden oluşan bu formasyon, Derbent Çiftliği ofiyolitlerinin oluşturduğu düzensiz aşınım topoğrafyası üzerine açılı uyumsuzlukla gelir. Formasyon, kumtaşı, tuf, tüfit, marn, kumlu kireçtaşı ve andezitik tüflerden oluşur. En iyi yüzlekler verdiği Suvatdere'ye atfen "Suvatdere Formasyonu" adı verilmiştir. Kumtaşları alacalı renkli, normal boylanmalı olup, tabaka kalınlıkları 10 ile 15 cm arasında değişmekte bazen 5 cm kalınlığa ulaşabilen kil bantları gözlenebilmektedir. Kumtaşlarının üzerine ince tabakalanmalı sarımsı, boz ve beyaz renk gösteren tuf, tüfit ve marnlı oluşuklar gelmektedir. Kil yatağı bu tortuların içinde bulunmakta ve tuf, tüfit ve marnlı seviyelerde yatay tedrici geçişler göstermektedir. Kalınlığı 8 ile 10 m'ye kadar çıkabilen kil yataklanmasında tuf ve tüfitli seviyeler 1 m'ye kadar ulaşabilmektedir (Şekil 6.3). Tüflü ve kumlu kireçtaşları ise, birimin üst kesimlerinde bulunmakta ve yer yer sileks bantları içermektedir. İnceleme alanının kuzeydoğusunda kumlu kireçtaşları üzerine uyumlu marnlı kireçtaşları gelmektedir. Mikroskopik incelemelerde marnlı kireçtaşları boşluklu ve gevşek dokulu olup, boşluklar bazen kalsit ve silisle dolmuştur. Kireçtaşlarında yaş belirleyebilecek fosil görülmemiş, Suvatdere formasyonunun inceleme alanı dışındaki aynı birimlere göre Pliyosen yaşlı olabileceği kanısına varılmıştır. Formasyonun üst kesiminde andezitik tüfler bulunmakta ve formasyonun tüm kalınlığını 125 m'ye ulaştırmaktadır. Oluşuklar genellikle yatağa eğimleri  $5^0$  ile  $40^0$  arasında değişmektedir.

İnceleme alanında, yapısal öğelerin başında KG-GD doğrultulu eğim atımlı normal faylanmalar gelir. Formasyon için kıvrımlar diğer yapı şekillerini oluşturur [45].





Şekil 6.3 Derbent Çiftliği çevresinin jeoloji kesitleri [45]

## BÖLÜM 7

### DERBENT KESME TAŞ OCAĞI ÜRETİM YÖNTEMİNİN İNCELENMESİ

Derbent taş kesme ocağı, Eskişehir'in güneydoğusunda yaklaşık 20 km uzaklıkta bulunmaktadır. Numunelerin alındığı Derbent taş kesme ocağı 1996 yılından beri faaliyetlerine devam etmektedir.

Taş kesme ocağında tüfler, Alman özel yapımı kesme makinası ile kuru kesme yapılarak çıkartılmaktadır. Ucuca eklemeli ray sistemi üzerinde hareket eden, dizel tahrikli makine ile derinlik 20 cm, aralarındaki mesafe 40 cm alınarak dilimler oluşturularak ocak üretimi yapılmaktadır. Üretim yapılırken ocak zemini yatay dilimler halinde tamamen dilimlenir ve bu dilimlere dik yönde ray döşenir (Şekil 7.1-7.2). Kesme makinası ile dik yönde kesim yapılarak bloklar elde edilir. Kesme makinası hem yatay yönde tabanı keserken, hem de düşey yönde dilimleri keserek uygun boyutlu bloklar çıkarmaktadır (Şekil 7.3). Kesme makinasında yatay ve düşey 60 ile 120 cm çaplı, 28 ve 56 soketli iki adet çelik testere ile kesim işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 7.4-7.5). Çıkarılan tuf blokları genelde 18x30x40 cm boyutlarında olup, isteğe göre değişmektedir.

Müşteri talebine göre günde 500 – 2000 adet blok çıkarılmaktadır. Bloklar stok sahasında toplanmaktadır (Şekil 7.6).



Şekil 7.1 Derbent taş kesme ocağında zemin dilimleme işlemi



Şekil 7.2 Derbent taş kesme ocağında ray yerleştirme işlemi



Şekil 7.3 Taş kesme makinası ile kesim işlemi



Şekil 7.4 Düşey testere görüntüsü



Şekil 7.5 Testere soketleri



Şekil 7.6 Tüflerin döküldüğü stok sahası

## BÖLÜM 8

### LABORATUVAR DENEYLERİ

Türk Standardları Enstitüsü tarafından; doğal yapı taşlarıyla ilgili olarak 1977’de yürürlüğe giren TS 2513 numaralı standart daha sonraki yıllarda yürürlükten kaldırılmıştır. Bu zaman zarfında, TSE tarafından doğal yapı ve kaplama taşları türleri için ayrı ayrı standartlar (örneğin; kalsiyum karbonatlı mermerler için TS 10449, travertenler için TS 11143 ve granitler için TS 6234) yürürlüğe konmuştur. Söz konusu standartlarda (TS 10449, 1992; 2004 ve TS 6234, 1988) ve yürürlükten kaldırılmış olan doğal yapı taşları standardında TS 2513, (1977), yapı ve kaplama taşı deneylerinin “tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları standardına” TS 699, (1987) göre yapılması istenmektedir. TSE’nin internet sitesinde, bu standardın yürürlükte olduğu ve ayrıca 2000 yılında tadil edildiği belirtilmektedir [40]. Ancak, TS 699/T1 numaralı bu standart TSE’den edinilememiştir. Derbent tüfleriyle ilgili deneysel çalışmalarda da TS 699, (1987) “tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları” standardı esas alınmıştır. Ayrıca, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen ve özellikle TS 699’da yer almayan deneylerle ilgili diğer TSE standartlarından ve uluslararası standartlardan yararlanılmıştır.

#### 8.1. Numune Alımı ve Deney Numunelerinin Hazırlanması

Derbent bölgesinde bulunan tüflerin dayanım özelliklerini belirlemek için Eskişehir’e 20 km. uzaklıkta bir açık işletmeden 9 adet 20x40x60 cm boyutlarında beyaz tuf bloğu alınmıştır.



Şekil 8.1 Karot makinası

Derbent taşocağından alınan 9 tuf bloğundan karot kesme makinası ile silindirik şekilde karot numune kesimleri yapılmıştır (Şekil 8.1). NX karotiyerle (54.7 mm çaplı) alınmış olan karot numunelerinin dayanım deneylerine uygun uzunluklarda kesimleri taş kesme makinası ile yapılarak deneyler için hazırlanmıştır. Ayrıca, amaca yönelik olarak kenar uzunluğu 7 cm olan küp numuneler de hazırlanmıştır.

## 8.2. Derbent Tüfünün Fiziksel Özellikleri

### 8.2.1. Hacim kütlesi (kuru yoğunluk) ve birim hacim ağırlığı

“Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları” standardında hacim kütlesi tayini için numunelerin düzgün geometrik şekilli olup olmamasına göre iki ayrı deney yöntemi yer almaktadır [46]. Tez çalışması kapsamında her iki yöntemle de Derbent tüflerinin hacim kütlesi ve buna bağlı olarak birim hacim ağırlığı belirlenmiştir.

Deney; her birinin kütlesi 300-350 gram arası olan, beş adet düzgün şekilli karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney öncesi numuneler üzerlerinde kırıntı-toz kalmayacak şekilde yıkanmış ve 24 saat havada kurumaya bırakılmıştır (Şekil 8.2).

Havada kuru numuneler etüve konarak  $105^{\circ}C$ 'de 24 saat bekletilmiş ve havadan nem almadan soğutulmak üzere desikatöre konulmuştur (Şekil 8.3). Desikatöre vakum uygulanarak içindeki hava alınmıştır. Numunelerin 0.1 g hassasiyetle ilk kuru kütle tartımları yapılmıştır. Numuneler tekrar etüve konularak 4 saat bekletilmiş ve aynı işlemler tekrarlanmıştır. İlk ve sonraki tartım sonuçları arasında %0.1'den az bir fark bulunmuş ve değişmez kütleye ulaştığından son alınan tartım değerleri kuru kütle ( $G_k$ ) olarak kaydedilmiştir. Kuru numunelerin hacimlerini (V) belirlemek üzere çap ve uzunlukları kumpas ile 0.1 mm hassasiyetle ölçülmüştür.



Şekil 8.2 Deneyde kullanılan tuf numuneleri



Şekil 8.3 Soğutma işleminde kullanılan desikatör ve kurutma işleminde kullanılan etüv



Numunelerin kuru kütleleri ve hacimlerinden yararlanılarak Bağntı 8.1 yardımıyla hacim kütleleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 8.1’de verilmiştir [46].

$$d_h = \frac{G_k}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (8.1)$$

Burada;

$d_h$  = Numunenin hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)

$G_k$  = Değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g)

$V$  = Deney numunesinin hacmi (cm<sup>3</sup>)

Her numunenin birim hacim ağırlığı, numune hacim külesinden yararlanılarak bulunmaktadır. Birim hacim ağırlığı Bağntı 8.2’de gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$\gamma = 9,81 \times d_h \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (8.2)$$

Burada;

$\gamma$  = Kayacın birim hacim ağırlığı (kN/m<sup>3</sup>)

$d_h$  = Numunenin hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)

Çizelge 8.1 Derbent tüflerinin hacim kütlesi deney sonuçları (düzgün geometrik şekilli numuneler için olan yöntemle göre)

Numune no	Kuru kütle $G_k$ (g)	Boy L (cm)	Çap D (cm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Hacim Kütleli $d_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	Birim Hacim ağırlık $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
1	336.3	11.7	5.22	250.26	1.34	13.14
2	3610	11.7	5.37	264.85	1.36	13.34
3	351.1	11.3	5.38	256.75	1.37	13.44
4	345.4	11.5	5.34	257.42	1.34	13.34
5	335.2	11.5	5.34	257.42	1.30	12.75
<i>Ortalama</i>					1.34	13.20
<i>Standart sapma</i>					0.02	0.28

“Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları” standardında düzgün geometrik şekilli olmayan deney numuneleri için belirtilen yöntemle göre de hacim kütlesi tayini yapılmıştır. Bu yöntemle göre hacim kütlelerinin belirlenebilmesi için; numunelerin kuru kütlelerinin yanında suya doygun havadaki ve su içindeki kütle değerlerine de gerek duyulmaktadır [46]. Deneyde Çizelge 8.1’de kullanılan numuneler kullanılmıştır.

Kuru ağırlıkları daha önceden belirlenmiş olan deney numuneleri, uygun büyüklükte ve derinlikte bir kap içerisine aralıklı olarak yerleştirilmiştir. Kap içerisine numune yüksekliklerinin yaklaşık  $\frac{1}{4}$  'ü kadar  $20^{\circ} C \pm 5^{\circ} C$  sıcaklıkta su konulmuştur. Numuneler bu durumda 1 saat bekletildikten sonra,  $\frac{1}{2}$  'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilmiştir ve 1 saat daha bekletilmiştir. Benzer şekilde; numuneler  $\frac{3}{4}$  'üne kadar suya batacak şekilde, su ilave edilmiş ve tekrar 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra, deney numunelerini yaklaşık 1.5 cm - 2 cm örtecek kadar su ilave edilerek 45 saat süre ile bu durumda bekletilmiştir. Geçen zaman esnasında kaptaki su yüksekliği kontrol edilmiş ve gerektiğinde su ilave edilmiştir.

Buldukları kaptan birer birer alınarak nemli bir bez yardımıyla üzerindeki su damlaları silinen numunelerin bekletilmeksizin 0.1 g hassasiyetle havadaki kütleleri tartılmıştır. Tartım sonrası deney numuneleri tekrar su dolu kaba konulmuştur. 24 saat daha suda bekletilerek tekrar tartım alınmıştır. 24 saatlik suda bekletme işlemi, tartım sonuçları arasında % 0.1’den daha az fark oluncaya kadar tekrarlanmıştır.

Bu şekilde numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doygun hale getirilmiştir. Suyu doygun havadaki kütleleri ( $G_{dh}$ ) kaydedilmiş olan deney numunelerinin, arşimet terazisinde 0.1 g hassasiyetle su içindeki kütleleri tartılmıştır ( $G_{ds}$ ) (Şekil 8.4).



Şekil 8.4 Suya doymun numunelerin tartımında kullanılan arşimet terazisi

Elde edilen tartım sonuçları aşağıdaki eşitlikte yerine konularak numunelerin hacim kütleleri Bağıntı 8.3'e göre hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 8.2' de verilmiştir [46].

$$d_h = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (8.3)$$

Burada;

$d_h$  = Numunenin hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)

$G_{dh}$  = Suya doymun deney numunesinin havadaki kütlesi (g)

$G_{ds}$  = Suya doymun deney numunesinin su içindeki kütlesi (g)

Çizelge 8.2 Derbent tüflerinin hacim kütlesi deney sonuçları (düzgün geometrik şekilli olmayan numuneler için olan yöntemle göre)

Numune no	Kuru kütle $G_k$ (g)	Suya Doymun Kütle		Hacim Kütle $d_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	Birim Hacim ağırlık $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
		Havadaki $G_{dh}$ (g)	Su içindeki $G_{ds}$ (g)		
1	336.3	411.0	159.8	1.34	13.15
2	361.0	439.7	175.3	1.37	13.44
3	351.1	430.2	173.6	1.37	13.44
4	345.4	419.7	162.1	1.34	13.15
5	335.2	413.1	159.5	1.32	12.95
<i>Ortalama</i>				1.35	13.23
<i>Standart sapma</i>				0.02	0.21

İki farklı yöntemle belirlenmiş olan hacim kütlesi değerlerinin Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2’de verilmiş olan standart sapmalarına göre, düzgün şekilli olmayan numuneler için deney yöntemi daha küçük bir standart sapma göstermiştir. Buna göre; ikinci yöntemin ilk yöntemle göre daha uygun bir yöntem olduğu söylenebilir. İlk yöntemdeki standart sapmanın daha büyük oluşunun sebebi olarak, numunelerdeki şekil bozuklukları olabileceği düşünülmüştür.

Çizelge 5.5’te belirtilen “Kireç kumtaşı kagir birimlerin brüt kuru birim hacim kütlesine göre sınıflandırılması”na göre, Derbent tufünün birim hacim kütlesi, 2.2 sınıfına girmektedir [41]. Tufün hacim kütlesi, yaptığımız çalışmada 1323 kg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Çizelge 5.6’da belirtilen “Hacim ağırlıklarına göre tuğlalar”a göre Derbent tufü, az delikli tuğla sınıfı arasına girmektedir [42].

### 8.2.2. Kütlece ve hacimce su emme deneyi

“Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları” standardı göz önüne alınarak ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi yapılmıştır [46].

Deney numunelerinin yüzeyleri sert bir fırça ile fırçalanıp, su ile yıkandıktan sonra, içinde  $20 \pm 5^0$  C sıcaklıkta su bulunan bir kaba yüksekliğinin  $\frac{1}{4}$ 'ü kadar suya numune konur. Bir saat bekledikten sonra numunenin yarısı kadar su eklenir ve bir saat daha bekletilir. Aynı şekilde  $\frac{3}{4}$ 'üne kadar su ilave edilir ve bir saat bekledikten sonra tamamen suya batırılıp, 45 saat süre ile bekletilir. Kaptaki su yüksekliği numunelerin 1.5-2 cm üzerini örtecek seviyede olmalıdır. Deneyin başlangıcından beri 48 saat süre sonunda sudan çıkarılan deney numuneleri, nemli bir bezle silinip 0.1 g hassasiyetle tartılır ( $G_d$ ).

Deney numuneleri tekrar su içine batırılıp, 24 saat bekletilmiştir. Tekrar suya doygun havadaki ağırlıklar arşimet terazisinde tartılmıştır. Bu işlem numune değişmez kütleyle gelinceye kadar tekrarlanmıştır. Doygun haldeki deney numuneleri 0.1 g hassasiyette arşimet terazisinde tartılarak, numunelerin su içindeki ( $G_{ds}$ ) bulunur. Sonra değişmez kütleyle gelene kadar kurutulur ve desikatörde soğutulup, 0.1 g hassasiyette tartılarak kuru ağırlıklar ( $G_k$ ) bulunur.

Numunelerin kütlece ve hacimce su emme oranları Bağıntı 8.4 ve Bağıntı 8.5'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçlar Çizelge 8.3'de verilmiştir.

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 \text{ (\%)} \quad (8.4)$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (8.5)$$

Burada;

$S_k$  = Taşın kütlece su emme oranı (%)

$G_d$  = Taşın doygun haldeki kütlesi (g)

$G_k$  = Değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g)

$S_h$  = Taşın hacimce su emme oranı (%)

$G_{ds}$  = Doygun haldeki taşın su içindeki kütlesi (g)'dir.

Çizelge 8.3 Derbent tüflerinin kütlesi ve hacimce su emme oranları değerleri  $S_k$  (%)  $S_h$  (%)

Numune no	Boy L(cm)	Çap D(cm)	Kuru kütle $G_k$ (g)	Suya doygun sudaki kütlesi $G_{ds}$ (g)	Suya doygun havadaki kütlesi $G_d$ (g)	Kütlece su emme oranı $S_k$ (%)	Hacimce su emme oranı $S_h$ (%)
1	11.4	5.34	333.9	158.0	402.6	20.58	28.09
2	11.4	5.33	332.9	160.9	401.8	20.70	28.60
3	11.7	5.33	345.7	164.8	415.2	20.10	27.76
4	11.4	5.33	335.9	162.4	404.4	20.39	28.31
5	11.5	5.32	344.4	166.3	414.7	20.41	28.30
<i>Ortalama</i>						20.44	28.21
<i>Standart sapma</i>						0.23	0.31

### 8.2.3. Özgül ağırlık deneyi

Özgül ağırlık deneyi üç deney numunesi üzerinde yapılır [46]. Numuneyi temsil edecek şekilde en az 2 kg kadar numune, tamamen elek açıklığı 0.2 mm olan elekten geçecek şekilde öğütülerek, değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur.

Oda sıcaklığındaki su ile doldurulan piknometre, kapağı kapatıldıktan ve üzerindeki su damlaları kuru bezle silindikten sonra 0.01 g hassasiyetle tartılır ( $G_{ps}$ ). Piknometre içindeki su tamamen boşaltılır ve etüvde kurutulup soğutulduktan sonra tekrar tartılarak piknometre (kapağı ile beraber) kütlesi bulunur ( $G_p$ ).

Kurutulup soğutulmuş olan öğütülmüş numune  $25 \pm 5$  g kadar alınarak kuru bir huni yardımıyla piknometre içine konur ve kapağı ile beraber 0.01 g hassasiyetle tartılır ( $G_{pn}$ ).

İçinde deney numunesi bulunan piknometre, hacminin  $\frac{1}{4}$ 'ü kadar su ile doldurulur ve yaklaşık 10-15 dakika kaynatılır. Numune taneleri içinde hava

kabarcıkları kalmaması için bu işlem yerine vakum pompası kullanılır. Vakum pompası ile hava alma işleminde, piknometre sık sık çalkalanarak kolaylaştırılır ve işleme hava kabarcıkları çıkmayana kadar devam edilir. Bu işlem sonunda piknometre, su ile tamamen doldurulur ve kaynatma metodu yapılmışsa bir su banyosu içinde oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kapağı kapatılarak üzeri kurulanır ve 0.01 g hassasiyetle tartılır ( $G_{pns}$ ).

Özgül ağırlık Bağıntı 8.6'da verilen formülle hesaplanır. Elde edilen değerler Çizelge 8.4'de gösterilmiştir.

$$d_0 = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (8.6)$$

Burada;

$d_0$  = Taşın özgül kütlesi

$G_{pn}$  = Piknometre + numune kütlesi (g)

$G_p$  = Piknometre kütlesi (g)

$G_{pns}$  = Piknometre + numune + su kütlesi (g)

$G_{ps}$  = Su ile dolu piknometre kütlesi (g)'dir.

Çizelge 8.4 Derbent tüflerinin özgül ağırlık değerleri  $d_0$

Numune no	$G_{pn}$ (g)	$G_p$ (g)	$G_{pns}$ (g)	$G_{ps}$ (g)	$d_0$
1	42.76	19.90	83.17	70.10	2.34
2	42.74	19.90	83.05	70.08	2.31
3	42.77	19.90	83.12	70.12	2.32
<i>Ortalama</i>					2.32
<i>Standart sapma</i>					0.02

Çizelge 5.7' de belirtilen Derbent tüflerinin kuru birim ağırlık değerleri, 13.20 kN/m<sup>3</sup> (13200 kg/m<sup>3</sup>) bulunmuştur. Buna göre tüfün bimsbetona göre ağırlığı 10 kat daha fazla çıkmıştır.

#### 8.2.4. Görünen porozite

“Tabii yapı taşları-muayene ve deney metotları standardında” belirtilen görünen porozite tayini iki ayrı yolla belirlenmektedir [46].

İlk yöntem kayacın hacimce su emme oranı aynı zamanda kayacın görünen porozitesidir. Bağıntı 8.7'de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$P_g = S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \quad (\text{v/v, \%}) \quad (8.7)$$

Burada;

$P_g$  : Kayacın görünen porozitesi (v/v, %)

$G_d$ : Kaya numunesinin suya doymun haldeki kütlesi (g)

$G_k$ : Değişmez kütle kadar kurutulmuş kaya numunesinin kütlesi (g)

$G_{ds}$ : Suya doymun kaya numunesinin su içindeki kütlesi (g)

İkinci yöntemde kayacın birim hacim kütlesi ve kütlece su emme oranından belirlenebilir. Bağıntı 8.8'de verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$P_g = d_h \times S_k \quad (\%) \quad (8.8)$$

Burada;

$P_g$  = Kayacın görünen porozitesi (v/v, %)

$d_h$  = Numunenin birim hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>),

$S_k$  = Taşın kütlece su emme oranı (%)



İki yönteme göre hesaplanan değerler Çizelge 8.5’de verilmektedir. İlk yöntemde ikinci yönteme göre standart sapma daha az olmaktadır.

Çizelge 8.5 Derbent tüflerinin görünen porozite değerleri  $P_g$  (%)

Numune no	Boy L(cm)	Çap D(cm)	Hacimce su emme oranı $P_g = S_h$ (%)	Hacim Kütlesi $d_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	Kütlece su emme oranı $S_k$ (%)	Görünen porozite $P_g$ (%)
1	11.4	5.34	28.09	1.34	20.58	27.58
2	11.4	5.33	28.60	1.37	20.70	23.36
3	11.7	5.33	27.76	1.37	20.10	27.54
4	11.4	5.33	28.31	1.34	20.39	27.32
5	11.5	5.32	28.30	1.32	20.41	26.94
<i>Ortalama</i>			28.21	1.348	20.44	26.55
<i>Standart sapma</i>			0.311	0.022	0.23	1.80

### 8.2.5. Doluluk oranı

Doluluk oranı deneyi, kayacın birim hacim kütlesi ve özgül ağırlığından belirlenebilir [46]. Doluluk oranı Bağıntı 8.9’den hesaplanmaktadır.

$$k = \frac{d_h}{d_0} \times 100 \text{ (%)}$$
 (8.9)

Burada;

$k$  = Kayacın doluluk oranı (m/m, %)

$d_h$  = Kayacın birim hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)

$d_0$  = Kayacın özgül ağırlığı

Çizelge 8.6’da elde edilen değerler gösterilmiştir.

Çizelge 8.6 Derbent tüflerinin doluluk oranları değerleri k (%)

Numune No	Özgül ağırlığı $d_0$	Hacim kütlesi $d_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	Doluluk oranı k (%)
1	2.34	1.34	57.26
2	2.31	1.36	58.87
3	2.32	1.37	59.05
<i>Ortalama</i>			58.39
<i>Standart sapma</i>			0.99

### 8.2.6. Porozite (gözeneklilik derecesi)

Porozite deneyi, kayacın doluluk oranından yararlanılarak belirlenebilir [45]. Porozite deneyi, Bağntı 8.10'da verildiği şekilde hesaplanabilir. Hesaplanan değerler Çizelge 8.7'de verilmiştir.

$$P = (1 - k) \times 100 = \left(1 - \frac{d_h}{d_0}\right) \times 100 \quad (\%) \quad (8.10)$$

Burada;

P = Kayacın porozitesi (v/v,%)

k = Kayacın doluluk oranı (m/m,%)

$d_h$  = Kayacın birim hacim kütlesi (g/cm<sup>3</sup>)

$d_0$  = Kayacın özgül ağırlığı

Çizelge 8.7 Derbent tüflerinin porozite değerleri P (%)

Numune No	Özgül Ağırlık $d_0$	Hacim Kütlesi $d_h$ (g/cm <sup>3</sup> )	Doluluk Oranı k (%)	Porozite P (%)
1	2.34	1.34	57.26	42.74
2	2.31	1.36	58.87	41.13
3	2.32	1.37	59.05	40.95
<i>Ortalama</i>				41.61
<i>Standart sapma</i>				0.99

### 8.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney, “Tabi Yapı Taşları–Muayene ve Deney Metotları” esas alınarak yürütülmüştür [46].

Deneylerde boy çap oranı ortalama 2.5-3 olan NX karot numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin boyutları 0.05 mm hassasiyetli kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Havada kuru numuneler üzerinde tek eksenli basınç deneyi uygulanmıştır. Deneylerde 200 ton kapasiteli hidrolik pres kullanılmıştır. Deney uygulanacak numunenin alt ve üst kısmına 54.7 mm çaplı demir parçalar konulmuştur. Bu parçalar numune üzerine yükün homojen şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu şekilde pres tablaları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilen numune üzerine saniyede 5-10 kgf/cm<sup>2</sup> olacak şekilde deney numunesi kırılıncaya kadar yük uygulanmıştır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilmiştir. Çizelge 8.8’de deney sonuçları verilmiştir.

Her bir numunenin tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_b$ ) Bağıntı 8.11’de verildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad (8.11)$$

Burada;

$\sigma_b$  = Tek eksenli basma dayanımı (kgf/cm<sup>2</sup>)

P = Numuneye uygulanan yük (kgf)

A = Yük uygulanan yüzey alanı (cm<sup>2</sup>)

Hesaplanan değerler Çizelge 8.8’de verilmiştir.

Çizelge 8.8 Havada kuru tuf numunelerinin tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma_b$ (MPa)
1	143.2	52.9	25157	11.45
2	145.8	53.7	25729	11.37
3	143.0	53.2	25729	11.58
4	143.0	54.0	28016	12.24
5	143.0	53.8	23442	10.32
<i>Ortalama</i>				11.39
<i>Standart Sapma</i>				0.69

Farklı türdeki doğal yapı ve kaplama taşı standartlarına göre tufün tek eksenli basınç dayanımı hiç birine uymamaktadır. Doğal dolu tuğla olarak kullanımına yönelik standartlara göre ise, kagir birim elemanlarına yönelik standarta göre Çizelge 5.4'de belirtilen “Kireç kumtaşı kagir birimlerin standartlaştırılmış basınç dayanımına göre sınıflandırılması”na göre, basınç dayanım sınıfı 10-15 arası grupta yer alır [41]. Derbent tuflerinin basınç dayanımları NX boyutlu, silindirik numuneler üzerinde yapılmıştır ve 11.39 MPa bulunmuştur. Çizelge 5.8’de belirtilen “Bimsbeton türleri ve basınç dayanımları”na göre, basınç dayanımı fazla olan bimsbeton sınıf aralığındadır [43]. Çizelge 5.9’da belirtilen “Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıflarına göre basınç mukavemetleri ve birim hacim kütlesi”ne göre, Derbent tufü, 11.39 MPa basınç dayanım değeri ve 2.32 g/cm<sup>3</sup> birim hacim ağırlığı ile gazbeton-köpükbeton yapı malzeme ve elemanlarından daha yoğun yapıda bir malzeme olduğunu gösterir [44].

Yukarıda belirtildiği üzere tuf, inşaat sektöründe kagir birim elemanı olarak kullanılmaya uygundur.

#### 8.4. Kohezyon ve İçsel Sürtünme Açısı

Kayacın tüm gerilme ortamlarındaki dayanımını belirleyen kohezyon ( $c$ ) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) gibi değişmez parametrelerdir. Kohezyon, taşın tanelerini bir arada tutan yapışma kuvvetidir veya normal gerilmenin bulunmadığı bir ortamda taşı kesmek için gerekli olan teğetsel gerilmenin değeridir [47].

Üç eksenli deney sonuçlarından Mohr Coulomb yenilme ölçütüne göre kaya malzemesi kohezyonu ( $c$ ) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) belirlenebilmektedir. Deney verileri kullanılarak kayacın yenilme zarfı çizilir. Elde edilen Mohr zarfının kesme gerilmesi eksenini kestiği nokta kohezyonu verirken Mohr zarfının yatayla yaptığı açı da içsel sürtünme açısı olmaktadır.

Deneylerde boy çap oranı ortalama 2.0-3.0 olan NX karot numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin boyutları 0.05 mm hassasiyetli kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Numuneler Hoek hücresine yerleştirilmiştir. Yanal basınç ünitesinin hortumu hücreye takılır, ayrıca hava alma vanası da hücrenin diğer girişine takılır. Hava kabarcıkları hava alma vanasından gözlenerek hücrede hiç hava kalmayınca kadar yanıl basınç ünitesinden hücreye yağ basılmıştır. Hücredeki hava alındıktan sonra hava alma vanası çıkartılmıştır. Bu durumda numune ve membran arasında hiç boşluk kalmamalı ve numune yerine sıkıca girmiş olmalıdır.

Numunenin üstüne ve altına küresel başlıklar konduktan sonra hücre yükleme presine yerleştirilir ve presin küresel başlığı arasındaki boşluk giderilir. Böylece hücre yerine oturtulmuş olur ve deneye başlanabilir. Eksenel yükün ve yanıl basıncın ( $\sigma_3$ ) uygulanmasına aynı anda başlanır ve önceden belirlenmiş bir yanıl basınç eşit olacak şekilde birlikte arttırılır. İstenen yanıl basınç değerine ulaşıldıktan sonra, bu basınç değeri yanıl basınç ünitesindeki kumanda kolu aracılığıyla sabit tutularak, kayaç numunesi yenilinceye kadar eksenel yüklemeye devam edilir. Eksenel yükleme hızı deneyin başında ve numune 5-15 dakika arasında yenilecek veya gerilim hızı 0.5 ile 1 MPa/s olacak şekilde yükleme presinden ayarlanır.

Bu işlemler, her seferinde bir önceki deneyde seçilen yanal basınç değerinden daha yüksek bir yanal basınç uygulanarak tekrarlanır. Yenilme zarfının daha sağlıklı çizilmesi için en az beş farklı yanal basınç uygulanarak yapılmalıdır.

Yenilme anında en büyük asal gerilim ( $\sigma_1$ ), Bağıntı 8.12’de verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\sigma_1 = \frac{F}{A} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (8.12)$$

Burada;

F= yenilme anında uygulana yük (kgf)

A: numune kesit alanı (cm<sup>2</sup>)



Şekil 8.5 Üç eksenli basınç deney düzeneği

Hesaplanan değerler izelge 8.9’da gösterilmiştir. Üç eksenli basınç deneyi sonrası tf numunesinde görülen çatlama biçimi ve tfn üç eksenli basınç dayanımına göre mohr zarfı görülmektedir (şekil 8.6-8.7).

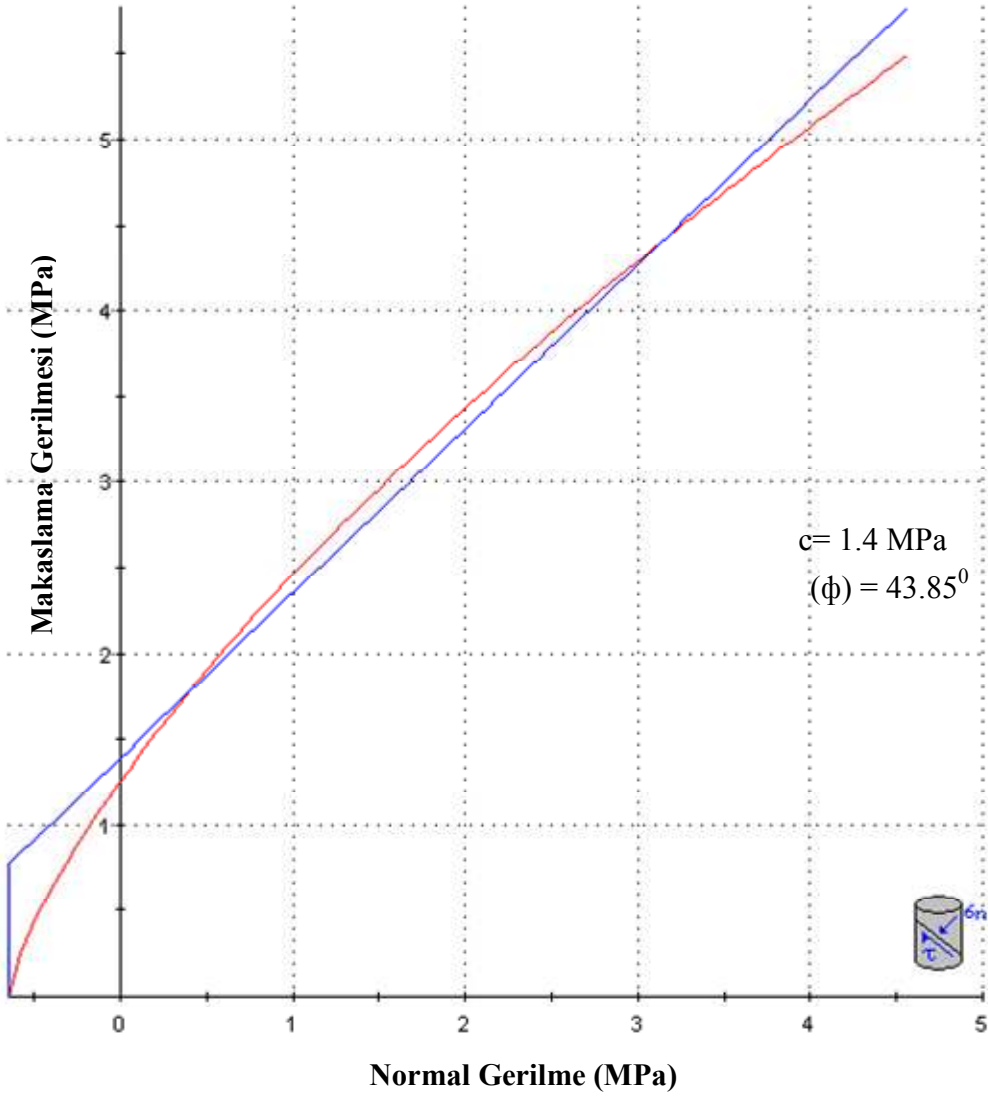
Çizelge 8.9 Derbent tf numunelerinin üç eksenli basınç deneyi değerleri

Numune no	Yanal Basınç $\sigma_3$ (MPa)	F (N)	D (mm)	L (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (MPa)
1	1	27100	53.5	115.8	2251	12.03
2	2	37790	53.5	113.9	2251	16.79
3	3	43330	54.0	113.2	2289	18.93
4	4	52490	53.5	115.0	2251	23.32
5	5	57200	53.3	114.6	2234	25.60



şekil 8.6 Deney sonrası tüfte görülen çatlama şekli

Yukarıdaki verilerden yararlanılarak ROCLAB programından kohezyon ve içsel sürtünme açısı bulunmuştur. Tfn içsel sürtünme açısı  $\phi = 43.85^0$  ve kohezyon  $c = 1.4$  MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 8.7 Tüfün üç eksenli basınç dayanımına göre mohr zarfı



### 8.5. Tek Eksenli Basınç Deneyinden Yararlanarak Elastisite Modülü ve Poisson Oranının Tayini

Tek eksenli basınç deneyine bağlı olarak, silindirik şekilli sağlam kayaç karot örneklerinin tek eksenli yükleme koşulunda “gerilim-birim deformasyon” eğrilerinin çizilmesi ve Elastisite modülü ve Poisson oranının tayini de yapılır.

Deney düzgün numuneler üzerinde gerçekleştirilir ve genellikle 54 mm çaplı (NX) ve boyu çapının 2.5-3 katı yüksekliğinde numuneler kullanılmıştır. Tek eksenli basınç deneyindeki gibi deney numunesi pres tablaları arasına yerleştirilir. İki şekilde yüke karşı deformasyon takibi yapılır. Deney numunesi üzerine yatay ve düşey olmak üzere deformasyon ölçerler (strain gauge) yapıştırılır ve bu deformasyon ölçme dirençleri deformasyonun takip edilebileceği bir cihaza bağlanır. Diğer yöntemde ise, yatay ve düşey deformasyonun okunabileceği şekilde prese monte edilen miknatıslı komperator (dial gauge) kullanılır.

Tek eksenli basınç deneyine göre yük miktarı, eksenel ve yanal birim deformasyonlar eşit aralıklı yükler için kaydedilir. Eksenel birim deformasyon ( $\varepsilon_1$ ) ve çapsal birim deformasyon ( $\varepsilon_d$ ) elde edilen deformasyon değerlerinden hesaplanarak bulunur. Eksenel birim deformasyon ( $\varepsilon_1$ ) Bağıntı 8.13’de verilen formülle hesaplanır.

$$\varepsilon_\lambda = \Delta\lambda / \lambda \quad (8.13)$$

Burada;

$\Delta\lambda$ = ilk eksenel ölçme uzunluğundaki değişme

$\lambda$ = ilk eksenel ölçme uzunluğu

Çapsal birim deformasyon ( $\varepsilon_d$ ) Bağıntı 8.14’de verilen formülle hesaplanır.

$$\varepsilon_d = \Delta d / d \quad (8.14)$$

Burada;

$\Delta d$  = ilk çap uzunluğundaki değişme

$d$  = ilk numune çap uzunluğu

Numune basma gerilmesi ( $\sigma$ ), numuneye uygulanan yükün ( $P$ ), numune ilk enkesit alanına ( $A$ ) bölünmesi ile Bağıntı 8.15’de gösterildiği biçimde hesaplanır.

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad (8.15)$$

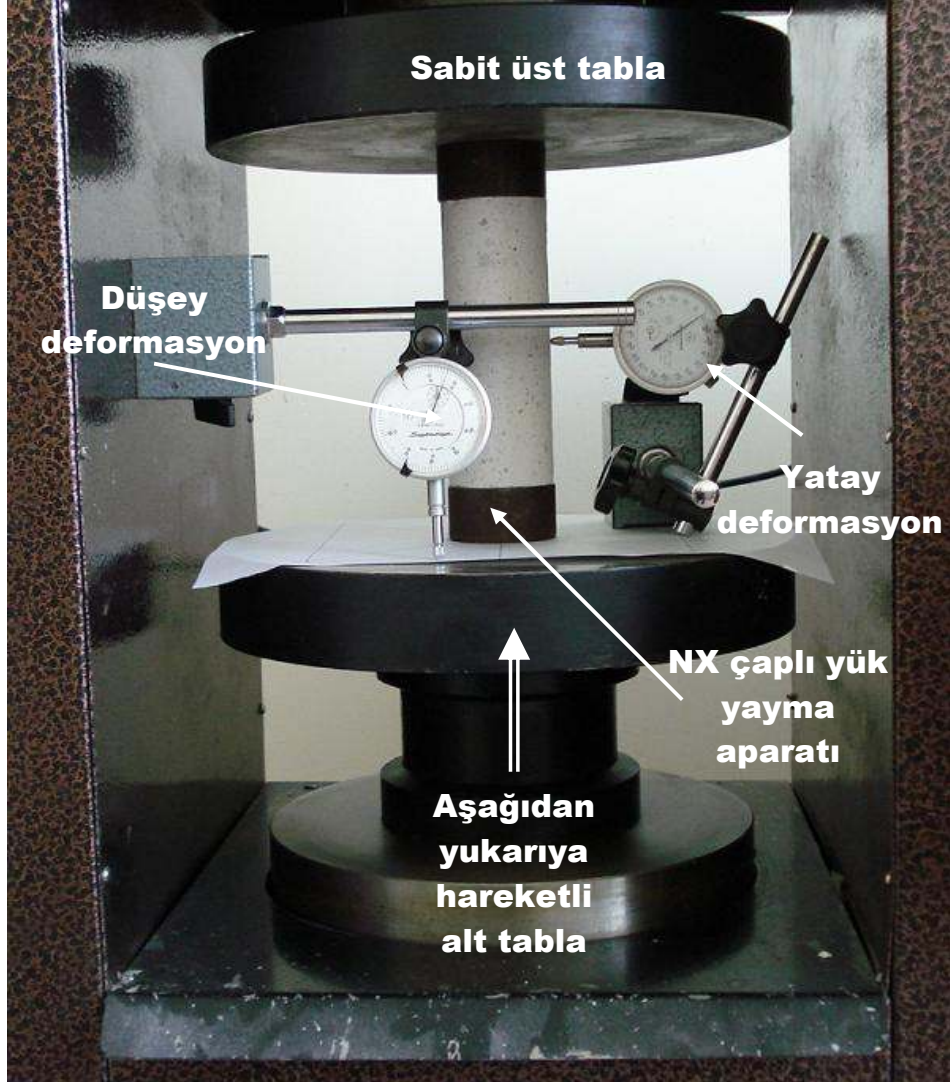
Eksenel ve çapsal gerilme–birim deformasyon eğrileri çizilir. Bu eğrilerin tüm olarak çizilmesiyle, kayaçların düşük ve yüksek gerilme düzeylerindeki deformasyonlarının doğrusal olmayan gerilme birim deformasyon özellikleri görülür. Elastisite modülü de numune basma gerilmesinin ( $\sigma$ ) eksenel ölçme uzunluğundaki değişime ( $\Delta \epsilon_l$ ) oranı ile Bağıntı 8.16’da ki formülle hesaplanır.

$$E = \frac{\sigma}{\Delta \epsilon_l} \quad (8.16)$$

Possion oranı ( $\nu$ ) değeri, eksenel ve çapsal gerilme-birim deformasyon eğrilerinin düşük gerilme düzeyinde doğrusal olmamasından büyük ölçüde etkilenir. Possion oranı Bağıntı 8.17’de verildiği gibi hesaplanabilir [46].

$$\nu = \frac{\Delta \epsilon_d}{\Delta \epsilon_l} \quad (8.17)$$

Tek eksenli basınç deneyine bağlı Elastisite modülü ve Poisson oranının tayini deneyi Derbent tüfleri üzerinde uygulanmış ve deneylerde deformasyon ölçümleri komperatörler kullanılarak yapılmıştır. Deney düzeneği Şekil 8.8’de görülmektedir.



Şekil 8.8 Elastik özellikleri belirlemek üzere komperatörlerle oluşturulmuş deney düzeneği

Deney sırasında bir kişi yatay deformasyonları, bir kişi düşey deformasyonları takip ederken bir kişi de yük değişimini takip etmiştir. Deney 10 adet tuf numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Deney sonuçları çizelgeler halinde EK 1’de, gerilme-birim deformasyon eğrileri EK-2’de verilmiştir. EK 1’de gösterilen sonuçlara göre elde edilen elastisite modülü (E) ve poisson oranı ( $\nu$ ) değerleri Çizelge 8.10’da verilmiştir.

Çizelge 8.10 Tüf numunelerinin elastisite modülü (E) ve poisson oranı ( $\nu$ ) değerleri

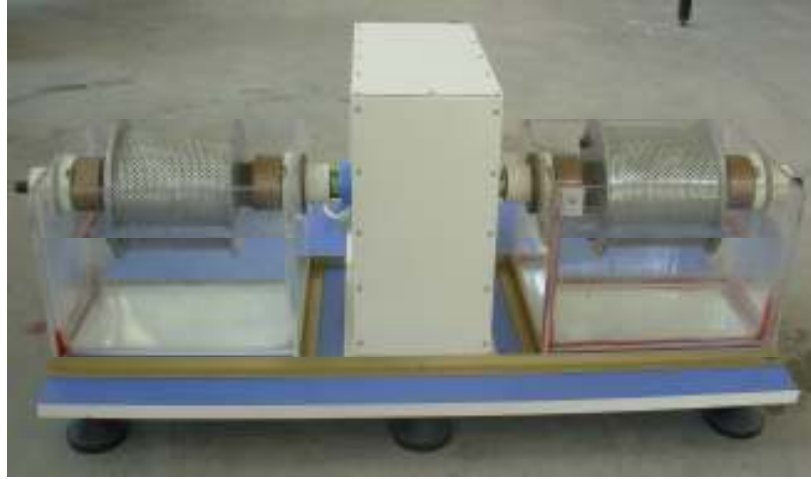
Numune no	E (MPa)	$\nu$
1	1593.72	0.77
2	2184.21	0.35
3	2591.21	0.45
4	1579.78	0.40
5	2217.99	0.20
6	2025.55	0.46
7	2223.40	0.43
8	2812.77	0.14
9	1953.85	0.46
10	2341.17	0.22
<i>Ortalama</i>	2152.37	0.39
<i>Stand. sapma</i>	390.18	0.18

### 8.6. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi

Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi kayaçların atmosfer olaylarına bağlı olarak meydana gelen dağılma ve parçalanmaların davranışlarını laboratuvar koşullarında belirlemek için yapılır. Burada Derbent tüfünün su emmesi yüksek olduğu için suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi de yapılmıştır [48].

ISRM (1979b) tarafından önerilen standartlara uygun şekilde deney yapılmıştır [49]. Deneyde 40-60 g gelen 10 adet tüf numunesi küresel şekle getirilecek şekilde yuvarlatılmıştır. Numunelerin yuvarlatılmasında jeolog çekici, ince uçlu çekiç, zımpara, ince ege ve fırça kullanılmıştır.

Numuneler temiz bir tambura yerleştirilerek etüvde 105<sup>0</sup>C sıcaklıkta 12 saat kurutulmuştur (Şekil 8.9). Kuruduktan sonra tamburla beraber tartılıp, bu değerler kaydedilmiştir. Sonra tambur şeffaf hazne içine yerleştirilerek dakikada 20 devir yapacak şekilde 10 dakika döndürülmüştür. Çevrim sonunda tambur içindeki numunelerle beraber tekrar etüve konup, 105<sup>0</sup> C’de 12 saat süreyle kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan tambur ve numuneler desikatörde soğutulmuştur. Kuruma sonunda tambur ve numune beraber tartılarak elde edilen değerler kaydedilmiştir. İki tartım arası değer, numunenin ıslak kararlılık sonucunu vermiştir. Aynı işlemler aynı numune için 4 çevrim olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 8.9 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deney düzeneği [48].

Deneyin dört kez tekrarlanmasının sebebi, iki çevrim sonunda tamburda kalan numuneler 2 mm’den büyük olduğundan elekten geçemez ve bunun sonucunda  $I_{d2}$  değerleri yüksek çıkmıştır.

Suda dağılmaya karşı duyarlılık indeksi Bağını 8.18’den hesaplanmıştır.

Deney sonuçları Çizelge 8.11’de verilmiştir.

$$I_d = \frac{B - D}{A - D} \times 100 \quad (8.18)$$

Burada;

$I_d$  = Islak kararlılık indeksi

B = tambur + kalan kuru numune ağırlığı (g)

D = Tamburun ağırlığı (g)

A = Tambur + kuru numune ağırlığı (g)

Yapılan deneyde; Tambur ağırlığı (D) = 1852.23 g

Kuru numune ağırlığı (A) = 2337.03 g

1. çevrim ( $I_{d1}$ ) = 2320.53 g
2. çevrim ( $I_{d2}$ ) = 2306,95 g
3. çevrim ( $I_{d3}$ ) = 2293,12 g
4. çevrim ( $I_{d4}$ ) = 2279,48 g

Çizelge 8.11 Derbent tufunun suda dağılmaya karşı duyarlılık indeksi deney sonuçları

Numune No	$I_{d1}$	$I_{d2}$	$I_{d3}$	$I_{d4}$
1	96.6	93.8	90.9	88.1

Gamble'ın kayaları ıslak kararlılık indeksi değerlerine ( $I_{d1}$  ve  $I_{d2}$ ) göre Çizelge 8.12'deki gibi sınıflandırmaktadır [48]

Çizelge 8.12 Gamble tarafından geliştirilen ıslak kararlılık sınıflaması

Grup Adı	10 dakikalık bir döngülü deneyden sonra % kalan (Kuru kütle olarak)	10 dakikalık iki döngülü deneyden sonra % kalan (Kuru kütle olarak)
Çok yüksek kararlılık	> 99	> 98
Yüksek kararlılık	98 – 99	95 – 98
Orta yüksek kararlılık	95 – 98	85 – 95
Orta kararlılık	85 – 95	60 – 85
Düşük kararlılık	60 – 85	30 – 60
Çok düşük kararlılık	< 60	< 30

Gamble'ın sınıflandırmasına göre Derbent tüfü orta yüksek kararlılık göstermektedir.

### 8.7. Havadan Nem Alma Özelliği

Tüfler diğer taşlara göre çok fazla nem tuttukları için eskiden beri tahıl ambarları olarak kullanılırlardı. Bunun sebebini deneysel olarak belirleyebilmek amacıyla tüfün ve farklı türdeki çeşitli kayaçların havadan nem alma özelliğini belirlemek üzere bir deney yöntemi uygulanmıştır. Yapılan bu deneyde, kuru haldeki numuneler, 20°C - % 80 nemlilik ortamında iklimlendirme dolabında koşullandırılmış ve günlük nem almaları kütle tartımlarıyla takip edilmiştir.

Öncelikle kesim ve yıkama işlemleri yapılan 7 farklı türden 5 adet, kenar uzunluğu 7 cm olan küp numuneler, değişmez kütleye gelinceye kadar, havada kurumaya bırakılmıştır. Bu numuneler beşerli 7 gruba ayrılmıştır. Çizelge 8.13'de kayaçların isimleri gösterilmiştir.

Numunelerin tümü 110±5° C sıcaklıkta etüvde değişmez kütleye gelene kadar kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulan numuneler 0.1g hassasiyetle tartılmıştır. Bu şekilde hazırlanan 7 ayrı kayaç için A, B, C, D, E, F ve G şeklinde kodlama kullanılmıştır. 20°C'da % 80 nemlilikte değişmez kütleye gelinceye kadar yaklaşık 20 gün kadar iklimlendirme dolabında koşullandırılmış ve günlük tartımları alınmıştır. Numunelerin kuru ağırlıkları ve koşullandırma sonrası ağırlıkları EK 3'de verilmiştir.

İklimlendirme dolabı 10°C ile 50°C arasındaki sıcaklık değerlerine ayarlanabilmektedir (Şekil 8.10). Bu değere eriştikten sonra ayarlanan sürelerde yine bu sıcaklıkta bekleyerek süre bitiminde işlevini tamamlamakta ve isteğe göre programı devamlı tekrarlamaktadır. Ortam sıcaklığının verilen toleranslar dışına çıkması durumunda cihaz verimi düşer ve 30°C'yi aştığında arızalanabilir. Dolap, istenilen sıcaklık ve nemlilik yüzdesinde çalıştırılabilir. Cihaz haznesine saf su konur ve kontrol

edilerek ilaveler yapılır. Bu cihaz araştırma laboratuvarlarında çimlendirme, bitki büyütme ve yapay iklim şartlarına dayanıklılık testlerinde kullanılmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 8.10 İklimlendirme cihazı ve numunelerin yerleştirilme şekli

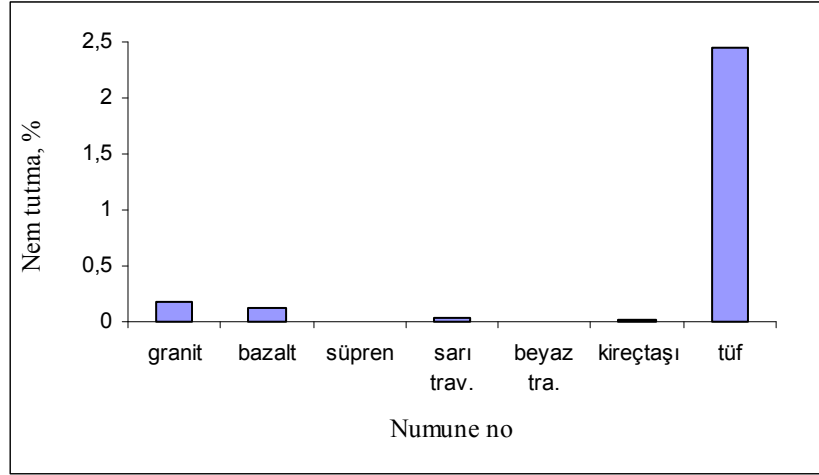
Çizelge 8.13 Deney numunelerin isimlendirilmesi

Simge	A	B	C	D	E	F	G
İsim	Granit	Bazalt	Süpren	Sarı traverten	Beyaz traverten	Antalya kireçtaşı	Tüf
20 gün sonunda ort. ağır. (g)	787.82	978.68	926.76	832.24	751.92	786.22	504.04
$G_{kuru}$ (g)	787.41	978.28	926.74	832.17	751.93	786.20	502.67
Yüzdece nemlilik artışı (%)	0.18	0.12	0.0024	0.044	0.00	0.009	2.44

Şekil 8.11’de kayaçların zamana bağlı yüzdece nem tutma miktarları verilmiştir. Burada magmatik (tüf, granit ve bazalt), sedimanter (sarı ve beyaz traverten) ve metamorfik (süpren) olmak üzere farklı kayaçların havadan nem alma özellikleri değerlendirilmiştir. Buna göre tüfler gözenekli ve hafif yapıda olduğundan en fazla nemi tutan kayaç olmuştur. Bazalt ve granit ise gözenekli olmamasına rağmen tüfe



nazaran çok az da olsa nemi bünyesinde tutmuştur. Travertenin ise, boşluklu bir yapıya sahip olmasına rağmen, beklenilenin tersine nem tutma yüzdesi oldukça düşük bulunmuştur. Bu da bu deneyin yapılma gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 8.11 Farklı türdeki kayaların yüzde nem alma değerleri

### 8.8. Sönmüş Kireç ile Koşullandırmanın Dayanım Üzerine Etkisi

Tüfler çimento üretiminde puzzolan olarak kullanılmaktadır. Puzzolana katılan kireç bağlayıcılığı sağlamaktadır. Bundan yola çıkılarak tuf bloklarının sönmüş kireç içerisinde bekletilerek tek eksenli basınç dayanımı deneylerinin yapılması planlanmıştır.

Numunelerin sığabileceği bir kap içerisine sönmüş kireç ve su konularak iyice karıştırılmıştır. Deney öncesi, iki farklı pH kağıdı kullanılarak hazırlanan karışımın pH değeri ölçülmüştür. Şekil 8.12'den görüldüğü gibi pH değeri 11.5 bulunmuştur.



(a)



(b)

Şekil 8.12 Sönmüş kireçli su banyosunun pH değerinin ölçümü

15 adet karot numunesi sönmüş kireçli su banyosuna alınarak 24 saat bekletilmiş ve daha sonra havada kurumaya bırakılmıştır. 24 saatlik bekletme sonrası 5 adet numune alınarak, üzerlerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Ayrıca normal beton deneylerindeki priz süreleri göz önüne alınarak oda koşullarında 7 gün ve 28 gün bekletilmiş diğer numuneler üzerinde de dayanım deneyleri yapılmıştır. Çizelge 8.14'de deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 8.14 Kireçli su banyosunda 1 gün bekletilen numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

1 gün oda koşullarında bekleyen numune				
Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma$ (MPa)
1	115.3	54.2	11800	1.29
2	113.1	63.0	9350	3.00
3	110.4	52.8	10690	4.85
4	115.5	54.0	10880	4.75
5	116.7	54.0	8200	3.58
<i>Ortalama</i>				3.49
<i>Standart sapma</i>				1.31
7 gün oda koşullarında bekleyen numune				
Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma$ (MPa)
6	111.3	53.5	25347.8	11.07
7	114.5	53.3	24776.1	10.82
8	113.3	54.5	25306.6	11.05
9	112.5	53.5	23632.6	10.32
10	113.4	54.0	25779.0	11.26
<i>Ortalama</i>				10.91
<i>Standart sapma</i>				0.32
28 gün oda koşullarında bekleyen numune				
Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma$ (MPa)
11	116.0	54.0	20800	9.08
12	114.4	54.0	21950	9.59
13	116.5	53.7	25580	11.18
14	114.7	54.6	25960	10.93
15	114.4	55.0	19090	8.04
<i>Ortalama</i>				9.76
<i>Standart sapma</i>				1.17

Kireçli su banyosunda bir günden daha fazla bekletmenin dayanım üzerinde etkisini belirlemek amacıyla 10 adet karot numunesi üzerinde bir grup deney daha yapılmıştır.

Numuneler bu defa 7 gün kireçli su banyosunda bekletilmiş ve havada kurumaya bırakılmıştır. Havada kuru 7 günlük ve 28 günlük numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 8.15’de verilmiştir.

Çizelge 8.15 Kireçli suda 7 gün bekletilen numunelerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri

7 gün oda koşullarında bekleyen numune				
Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma$ (MPa)
1	110.4	54.0	18867.9	8.24
2	114.6	53.7	20583.2	9.09
3	117.0	53.0	21536.1	9.76
4	111.8	53.8	19249.1	8.47
5	115.6	53.3	18296.2	8.20
<i>Ortalama</i>				8.76
<i>Standart sapma</i>				0.59
28 gün oda koşullarında bekleyen numune				
Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma$ (MPa)
6	114.6	53.3	21154.9	9.49
7	117.0	54.0	24244.3	10.57
8	117.4	53.6	22489.0	9.97
9	116.2	53.8	20202.0	8.89
10	118.5	52.7	25347.8	11.63
<i>Ortalama</i>				10.11
<i>Standart sapma</i>				0.94

Karşılaştırma amaçlı olarak, havada kuru 5 adet numune üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 8.16’da elde edilen değerler verilmiştir.

Çizelge 8.16 Kuru tuf numunesinin tek eksenli basınç deneyi sonuçları  $\sigma_b$  (MPa)

Numune No	L (mm)	d (mm)	F (N)	$\sigma_b$ (MPa)
11	113.0	54	9338	4.08
12	111.2	54	1392	6.07
13	114.6	53	1010.1	4.52
14	117.4	52	1143.5	5.38
15	112.4	54	1486.5	6.56
<i>Ortalama</i>				5.33
<i>Standart sapma</i>				0.93

Yapılan deneyler sonucunda kireçli suda bekletilen numunelerin dayanımlarının arttığı belirlenmiştir. Bu artış %60 ve %100 arasında olmuştur (7 günden fazla havada kurumaya bırakılan kireçli suda bekletilmiş numunelerde). Bu da kireçli su banyosunun numuneler üzerinde dayanımı artırıcı bir rol oynadığını göstermektedir.

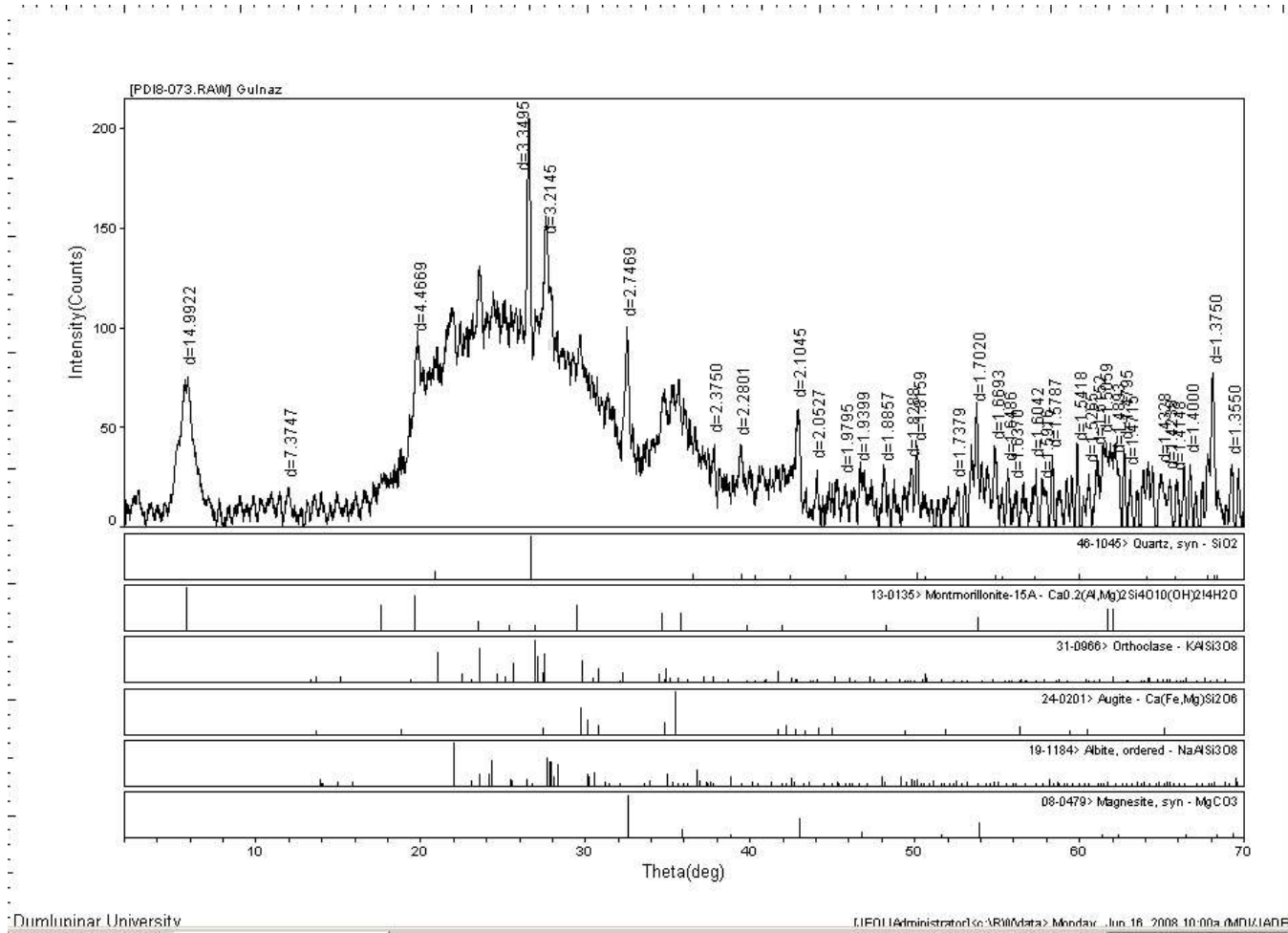
### 8.9. Derbent Tufünün Kimyasal Analizleri

Söz konusu analizler X-ışınları Kırınımı (XRD) ve X-ışınları Floresans analizleri (XRF) Dumlupınar Üniversitesi'ne yaptırılmıştır. Çizelge 8.17'de XRF analizleri sonuçları gösterilmiştir.

Yapılan XRD (X-ışınları Kırınımı) analiz sonuçlarına göre Derbent tufünde; kuvars, dolomit (magnezit), montmorillit (smektit), illit (mika), albit, ortoklast gibi minerallere rastlanmıştır (Şekil 8.13).

Çizelge 8.17 Derbent tufünün XRF analiz sonuçları

İçerdiği mineraller	Yüzdece miktarları (%)
MgO	2.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.96
SiO <sub>2</sub>	69.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04
SO <sub>3</sub>	0.06
Cl	0.05
K <sub>2</sub> O	4.87
CaO	1.06
TiO <sub>2</sub>	0.08
MnO	0.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.22
Ateş kaybı	8.01
<i>Toplam</i>	100.00



Şekil 8.13 Derbent tufunun XRD analizi sonuçları

## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Derbent yöresine ait tuf numuneleri üzerinde fiziksel, elastik ve dayanım özelliklerini belirlemeye yönelik çeşitli deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 9.1’de verilmiştir.

Çizelge 9.1 Derbent Tufünün Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deney Adı	Numune Sayısı	Ortalama
Birim Hacim ağırlığı $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	5	13.20
Kütlece Su Emme Oranı $S_k$ (%)	5	20.44
Hacimce Su Emme Oranı $S_h$ (%)	5	28.21
Özgül Ağırlık $d_0$ (g/cm <sup>3</sup> )	3	2.32
Görünen Porozite $P_g$ (%)	5	20.44
Doluluk Oranı $k$ (%)	3	58.39
Porozite $P$ (%)	3	41.61
Tek Eksenli Basınç Dayanımı $\sigma_b$ (MPa)	5	11.39
Kohezyon $c$ (MPa)	5	1.4
İçsel Sürtünme Açısı $\phi$	5	43.85
Elastisite Modülü $E$ (MPa)	10	2152.37
Possion Oranı $\nu$	10	0.39
Suda dağılmaya Karşı Duyarlılık İndeksi-4.devir $I_1$ (%)	1	92.35
Nem Alma Özelliği (%)	5	2.44

Deney sonuçları değerlendirildiğinde; kayaç içindeki boşluklar birim hacim ağırlığına etki edecek ve dayanımı da azaltacaktır. Magma yavaş soğursa gözeneksiz veya az gözenekli bir yapı oluştururken, hızlı soğuduğu zaman porozitesi yüksek yani gözenekli yapı meydana getirir. Tüfler çok gözenekli yapıda olduğundan düşük birim hacim ağırlığına sahiptir. Boşluk oranı nedeniyle su emme değerleri de yüksek



çıkıştır. Tüfün 11.39 MPa olan tek eksenli basınç dayanımı ISRM (1979b)'e göre<sup>98</sup> zayıf kayaç sınıfına girmektedir [49]. Derbent tüflerinin kohezyonu ve elastisite modülü değeri de düşüktür. Tüflerin dayanım değerlerinin düşük olması oldukça boşluklu yapısıyla ilişkilendirilebilir. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi, Gamble'ın sınıflandırmasına göre orta-yüksek duraylılıktadır [48]. Buna göre, boşluklu yapısı ve su emme özelliği yüksek olmasına karşın suda dağılmaya karşı dayanımı orta-iyi derecededir.

Türk Standardları Enstitüsü tarafından; doğal yapı taşlarıyla ilgili olarak 1977'de yürürlüğe giren TS 2513 numaralı standart daha sonraki yıllarda yürürlükten kaldırılarak doğal yapı ve kaplama taşları türleri için ayrı ayrı standartlar yürürlüğe konmuştur. Bu çalışmada tüflerin doğal yapı taşı olarak değerlendirilebilirliği araştırılmıştır. Mevcut kullanım alanlarına göre tüflerin kaplama malzemesi olarak kullanımı bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen deney sonuçları da aynı paralelliktedir. Oldukça yüksek boşluk oranına ve su emme özelliğine sahip ayrıca dayanım özellikleri de düşük olan Derbent tüfleri hiçbir doğal yapı ve kaplama taşı standardındaki özellikleri sağlamamaktadır.

Kesme taş ocaklarından çıkan tüf bloklarının doğal yapı taşı olarak kullanımı, yapılarda ara bölme elemanı yani doğal tuğla şeklindedir. Doğal boşluk oranı %40'ın üzerinde ve hacim kütlesi  $1323 \text{ kg/m}^3$  olan Derbent tüfleri Çizelge 5.6'ya göre az delikli tuğla grubuna girmektedir. Çizelge 5.4'e göre basınç dayanım sınıfı 10 olup alt sınıflarda yer almaktadır. Bimsbeton ile ilgili standarda göre tek eksenli basınç dayanımı 11.39 MPa olan Derbent tüfleri BB120 sınıfına girmektedir. Gazbeton ile ilgili standarda göre ise, Derbent tüflerinin tek eksenli basınç dayanımı en üst sınıfa girerken birim hacim kütlesi açısından uygun bir malzeme değildir (Çizelge 5.9). Görüldüğü üzere, tüflerin veya benzer kayaçların doğal tuğla malzemesi olarak kullanımına yönelik belirli bir standart bulunmaması değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Böyle bir standartın oluşturulmasının işletmeciler ve tüketiciler için önemli faydası olacaktır.

Yapılan sönmüş kireç ile koşullandırma deneyleri sonucunda kireçte<sup>99</sup> bekletilen tüflerde en az %64 olmak üzere %100'ü aşmayan dayanım artışı sağlanmıştır.

Bu çalışmada havada kurutma deneyi sonucunda tüflerin % 2.44 değeri ile diğer kayalara göre daha fazla nem tuttıkları, bu sebeple tahıl ambarı olarak kullanmaya uygun oldukları kanıtlanmıştır.

Tüf, granit, bazalt, traverten ve kireçtaşının zamana bağlı yüzdece nem tutma miktarları Şekil 8.10'da verilmiştir. Buna göre tüfler gözenekli ve hafif yapıda olduğundan en fazla nemi tutan kayaç olmuştur. Bazalt ve granit ise gözenekli olmamasına rağmen tüfe nazaran çok az da olsa nemi bünyesinde tutmuştur. Travertenin ise, boşluklu bir yapıya sahip olmasına rağmen, beklenilenin tersine nem tutma yüzdesi oldukça düşük bulunmuştur. Buna göre, tahıl ambarı olarak kullanmaya uygun kayaçların boşluk oranı ve su emme oranlarına göre değerlendirme yapmak yanlıcı olmaktadır. Bu noktada; kayaçların havadan nem alma özelliğinin belirlenmesi üzerine dayanan ve tez çalışması kapsamında yürütülen deney, bu amaca yönelik en uygun deney olmaktadır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Erkan, Y., 2006, Magmatik petrografi, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 176 s.
- [2] Karaman, M, E., ve Kibici, Y., 2008, Temel jeoloji prensipleri, Belen Yayıncılık ve Matbaacılık, Ankara.
- [3] [www.dmtcalaska.org](http://www.dmtcalaska.org).
- [4] Yerçekillerini oluşturan iç kuvvetler, [www.sensizliksokagi.org/cografya/56262-cografyanin\\_bolumleri.html-67k](http://www.sensizliksokagi.org/cografya/56262-cografyanin_bolumleri.html-67k)
- [5] Kibici, Y., 2006, Doğal taş atlası, Burak Basın Yayın San. Ltd. Şti., 310 s.
- [6] [www.mermerisleri.com](http://www.mermerisleri.com)
- [7] [www.etimaden.gov.tr/tr/madensozluk/p.htm](http://www.etimaden.gov.tr/tr/madensozluk/p.htm)
- [8] [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr)
- [9] [www.etimaden.gov.tr](http://www.etimaden.gov.tr)
- [10] [www.egelisesi.k12tr/egelisesi/basariIaimiz/projeler/proje\\_2006/proje19pdf](http://www.egelisesi.k12tr/egelisesi/basariIaimiz/projeler/proje_2006/proje19pdf).
- [11] [www.gc.maricopa.edu/.../imagearchie/bombs.htm](http://www.gc.maricopa.edu/.../imagearchie/bombs.htm).
- [12] [www.nps.gov/archieve/crmo/geology/geology-4](http://www.nps.gov/archieve/crmo/geology/geology-4).
- [13] [facweb.bhc.edu/.../Labs/VolcanicMaterials/](http://facweb.bhc.edu/.../Labs/VolcanicMaterials/)
- [14] [www.gc.maricopa.edu/.../imagearchie/bombs.htm](http://www.gc.maricopa.edu/.../imagearchie/bombs.htm).
- [15] [www.kenzay.com/product.asp?pid=3377](http://www.kenzay.com/product.asp?pid=3377)
- [16] [www.mmf.ogu.edu.tr/leonardo/cat/A3.html](http://www.mmf.ogu.edu.tr/leonardo/cat/A3.html)
- [17] [www.flickr.com/.../in/set-7215754483774376](http://www.flickr.com/.../in/set-7215754483774376)

[18] [www.kenthaber.com](http://www.kenthaber.com)

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

[19] Fischer, I., ve Schminke, S., 1984, Pyroclastic rock-springerverlag, Berlin, 472 s.

[20] [www.gempa.com.tr/kazi/kayayapilari.htm](http://www.gempa.com.tr/kazi/kayayapilari.htm)

[21] [www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/akademik](http://www.istanbul.edu.tr/eng/jeoloji/akademik)

[22] [www.cografyam.net](http://www.cografyam.net)

[23] [www.swisseduc.ch/strpmboli/glossary/maar-enhtml](http://www.swisseduc.ch/strpmboli/glossary/maar-enhtml).

[24] [www.kadask.org.tr](http://www.kadask.org.tr)

[25] Sözmen, B., 2000, Investigation of detoration mechanism of Yazılıkaya Tuffs in Mıdas Monument, yüksek Lisans tezi, O.D.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

[26] Topal, T., ve Doyuran, V., 1998, Analyses of deterioration of the cappadocian tuff, Turkey, Environmental Geology, 20 s.

[27] [www.bulentozmen.com/tr/gulsehirc.htm](http://www.bulentozmen.com/tr/gulsehirc.htm)

[28] Özkahraman, H, T., ve Işık, E, C., 2003, Isparta kaynaklanmış tüflerinin kaplama taşı olarak kullanılmasının önemi ve uygun yapıştırma harcı üretimi, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (MERSEM' 2003) Bildiriler Kitabı, 201-211 s.

[29] Bağlayıcı maddeler (pdf), [hun.pamukkale/Yapi\\_Malzemesi\\_2-baglayici-kirec-dogal-puzolan.pdf](http://hun.pamukkale/Yapi_Malzemesi_2-baglayici-kirec-dogal-puzolan.pdf).

[30] Akman, M, S., 1987, Yapı malzemeleri, İTÜ ders notları, 162 s.

[31] Kurama, H., 1994, Doğal zeolit (klineptilolit) ile atık sulardan ağır metal iyonlarının uzaklaştırılması, Doktora tezi, O.G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

[32] Duvarcı, Ö, Ç., Akdeniz, Y., Özmihçı, F., Ülkü, S., Balköse, D., ve Çiftçioğlu, M., 2007, Thermal behaviour of a zeolitic tuff, ceramics International, vol.33, 795-801.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- [33] Çavdar, A., ve Yetgin, Ş., 2007, Availability of tuffs from northeast of Turkey as natural pozzolan on cement, some chemical and mechanical relationships, Construction and Building Materials, vol. 22/3,222-227.
- [34] Yılmaz, B., Uçar, A., Öteyaka, B., ve Uz, V., 2007, Properties of zeolitic tuff (clinoptilolite) blended portland cement, Building and Environment, vol.42, 3808-3815.
- [35] [www.malangkab.go.id/kabmalang/index2.cfm](http://www.malangkab.go.id/kabmalang/index2.cfm)
- [36] Karaman, S., 2007, Tarımsal yapılarda kullanılan hafif inşaat malzemeleri, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, vol.11(1/2), 63-69.
- [37] Kuşçu, M., ve Yıldız, A., 2001, Ayazini (Afyon) tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM' 2001) Bildiriler Kitabı, , 85-98.
- [38] Ayan, S., 2001, Agregat kültürünün orman ağacı fidan üretimine katkıları, Türkiye I. Ulusal Ormancılık Kongresi, Ankara, 456-463.
- [39] Ayan, S., 2002, Fidan yetiştiriciliği ve ağaçlandırma çalışmalarında zeolit mineralinin kullanımı, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, vol.1,78-88.
- [40] [www.tse.org.tr](http://www.tse.org.tr)
- [41] TS 808 EN 771-2 (Türk Standartları), 2005, Kagir birimler-özellikler-bölüm 2: kireç kumtaşı kagir birimler, Ankara, TSE.
- [42] Özışık, G., 2000, Yapı mühendisliğinde kagir yapı tuğla elemanlar ve yapı sistemleri, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, 472 s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- [43] TS 3234 (Türk Standartları), 1978, Bimsbeton yapım kuralları, karışım hesabı ve deney metotları, Ankara, TSE.
- [44] TS 453 (Türk Standartları), 1988, Gaz ve köpük beton yapı malzeme ve elemanları, Ankara, TSE.
- [45] Sarıöz, K., Işık, İ., Dursun, A. S., ve Aydemir, B., 1987, Derbent çiftliği killilerinin teknolojik özellikleri ve değerlendirilme olanakları, Anadolu Üniversitesi mühendislik mimarlık fakültesi dergisi, sayı 3, 105-114.
- [46] TS 699 (Türk Standartları), 1987, Tabii yapı taşları muayene ve deney metotları, Ankara, TSE.
- [47] Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., ve Binal, A., 2001, Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri, Ankara, TMMOB, 58 s.
- [48] Beyhan, S., 2008, G.L.İ. ve E.L.İ. marn kaya malzemelerinin üç eksenli basınç dayanımına bağlı özelliklerinin belirlenmesi, Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü.
- [49] ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1979b, Suggested Methods for Determining Water Content, porosity, Density, Absorbtion and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics, Abstract 16: 141-156.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- [50] TS 10449 (Türk Standartları), 1992, Mermer-kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan,Ankara, TSE.
- [51] TS 10834 (Türk Standartları), 1993, Gabro-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan,Ankara, TSE.
- [52] TS 11137 (Türk Standartları), 1993, Kireçtaşı (Kalker)-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.
- [53] TS 11145 (Türk Standartları), 1993, Konglomera-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.
- [54] TS 10835 (Türk Standartları), 1993, Andezit-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.
- [55] TS 5762 (Türk Standartları), 1988, Diyabaz-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.
- [56] TS 11443 (Türk Standartları), 1994, Oniks mermeri-kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.
- [57] TS 6234 (Türk Standartları), 1988,Granit yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Ankara, TSE.

## **EKLER**

**Ek-1 :** Eskişehir-Derbent yöresine ait tüflerin elastisite modülü ve poisson oranının hesaplanması için gereken deney sonuçları

**Ek-2 :** Eskişehir-Derbent yöresine ait tüflerin gerilme birim deformasyon eğrileri

**Ek-3 :** Eskişehir-Derbent yöresine ait tüflerin havadan nem alma özelliği deneyi sonuçları



## EK- 1

### Eskişehir-Derbent Yöresi Tüflerinin Elastisite Modülü ve Poisson Oranına Ait Deney Sonuçları

#### Numune No 1

L = 142.2 mm d = 53.2 mm						
Okuma No	F(N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	20.0	0.90	0.23	0.05	$162 \cdot 10^{-5}$	$184 \cdot 10^{-5}$
2	30.0	1.35	0.30	0.08	$211 \cdot 10^{-5}$	$289 \cdot 10^{-5}$
3	40.0	1.80	0.32	0.09	$225 \cdot 10^{-5}$	$353 \cdot 10^{-5}$
4	51.5	2.32	0.36	0.12	$253 \cdot 10^{-5}$	$432 \cdot 10^{-5}$
5	61.0	2.74	0.42	0.17	$295 \cdot 10^{-5}$	$639 \cdot 10^{-5}$
6	78.2	3.52	0.50	0.22	$352 \cdot 10^{-5}$	$808 \cdot 10^{-5}$
7	93.5	4.21	0.57	0.23	$401 \cdot 10^{-5}$	$879 \cdot 10^{-5}$
8	101.1	4.55	0.61	0.25	$429 \cdot 10^{-5}$	$936 \cdot 10^{-5}$
9	122.1	5.50	0.68	0.26	$478 \cdot 10^{-5}$	$993 \cdot 10^{-5}$
10	141.2	6.35	0.76	0.28	$535 \cdot 10^{-5}$	$1034 \cdot 10^{-6}$
11	171.8	7.73	0.85	0.29	$598 \cdot 10^{-5}$	$1071 \cdot 10^{-6}$
12	192.8	8.63	0.96	0.30	$6751 \cdot 10^{-5}$	$1120 \cdot 10^{-6}$
13	211.8	9.53	1.03	0.31	$724 \cdot 10^{-5}$	$1150 \cdot 10^{-6}$
14	238.6	10.73	1.18	0.33	$829 \cdot 10^{-5}$	$1222 \cdot 10^{-6}$
15	246.2	11.07	1.28	0.34	$900 \cdot 10^{-5}$	$12594 \cdot 10^{-6}$

**Ek 1 (devam)****Numune No 2**

L=141.1 mm d = 53.5 mm						
Okuma No	F (N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	17.1	0.76	0.28	0.011	$199.10^{-5}$	$41110^{-5}$
2	89.7	3.99	0.43	0.023	$305.10^{-5}$	$860.10^{-5}$
3	95.4	4.24	0.45	0.025	$319.10^{-5}$	$935.10^{-5}$
4	110.7	4.92	0.49	0.027	$347.10^{-5}$	$1009.10^{-6}$
5	131.7	5.86	0.54	0.030	$383.10^{-5}$	$1122.10^{-6}$
6	152.7	6.79	0.55	0.034	$390.10^{-5}$	$1271.10^{-6}$
7	164.1	7.30	0.59	0.038	$418.10^{-5}$	$1421.10^{-6}$
8	175.6	7.81	0.63	0.042	$446.10^{-5}$	$1570.10^{-6}$
9	194.7	8.66	0.70	0.051	$496.10^{-5}$	$1906.10^{-6}$
10	204.2	9.08	0.74	0.056	$524.10^{-5}$	$2093.10^{-6}$
11	213.8	9.51	0.79	0.064	$560.10^{-5}$	$2392.10^{-6}$
12	234.8	10.44	0.85	0.073	$602.10^{-5}$	$2729.10^{-6}$
13	248.1	11.03	0.95	0.092	$674.10^{-5}$	$3439.10^{-6}$
14	259.6	11.55	1.06	0.126	$752.10^{-5}$	$4710.10^{-6}$
15	267.2	11.89	1.17	0.175	$829.10^{-5}$	$6542.10^{-6}$
16	259.6	11.55	1.30	0.270	$922.10^{-5}$	$10094.10^{-6}$

**Numune No 3**

L = 143.5 mm d = 53.4 mm						
Okuma No	F (N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	11.4	0.51	0.29	0.014	$202.10^{-5}$	$524.10^{-5}$
2	36.2	1.62	0.33	0.020	$23.10^{-5}$	$749.10^{-5}$
3	45.8	2.05	0.35	0.023	$244.10^{-5}$	$861.10^{-5}$
4	64.9	2.90	0.39	0.026	$272.10^{-5}$	$973.10^{-5}$
5	80.1	3.58	0.42	0.028	$293.10^{-5}$	$1048.10^{-5}$
6	97.3	4.34	0.47	0.029	$328.10^{-5}$	$1086.10^{-5}$
7	118.3	5.28	0.51	0.031	$355.10^{-5}$	$1161.10^{-5}$
8	154.6	6.90	0.58	0.035	$404.10^{-5}$	$1311.10^{-5}$
9	185.1	8.26	0.65	0.038	$453.10^{-5}$	$1423.10^{-5}$
10	217.6	9.72	0.76	0.045	$530.10^{-5}$	$1685.10^{-5}$
11	227.1	10.14	0.81	0.050	$564.10^{-5}$	$1872.10^{-5}$
12	236.7	10.57	0.90	0.056	$627.10^{-5}$	$2097.10^{-5}$
13	255.8	11.42	0.97	0.070	$676.10^{-5}$	$2621.10^{-5}$
14	265.3	11.85	1.03	0.084	$718.10^{-5}$	$3146.10^{-5}$
15	274.8	12.27	1.15	0.116	$801.10^{-5}$	$4344.10^{-5}$
16	282.5	12.61	1.19	0.133	$829.10^{-5}$	$4981.10^{-5}$

## Ek 1 (devam)

### Numune No 4

L = 140.7 mm d = 53.5 mm						
Okuma No	F (N)	$\sigma$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	25.0	1.11	0.29	0.101	$206 \cdot 10^{-5}$	$378 \cdot 10^{-5}$
2	30.0	1.33	0.32	0,111	$226 \cdot 10^{-5}$	$416 \cdot 10^{-5}$
3	35.0	1.58	0.35	0,115	$250 \cdot 10^{-5}$	$430 \cdot 10^{-5}$
4	50.0	2.22	0.41	0.120	$290 \cdot 10^{-5}$	$448 \cdot 10^{-5}$
5	60.0	2.67	0.43	0.122	$306 \cdot 10^{-5}$	$456 \cdot 10^{-5}$
6	75.0	3.33	0.48	0.124	$342 \cdot 10^{-5}$	$462 \cdot 10^{-5}$
7	90.0	4.00	0.55	0.128	$387 \cdot 10^{-5}$	$478 \cdot 10^{-5}$
8	100.0	4.45	0.58	0.131	$411 \cdot 10^{-5}$	$490 \cdot 10^{-5}$
9	115.0	5.12	0.65	0.132	$461 \cdot 10^{-5}$	$494 \cdot 10^{-5}$
10	125.0	5.56	0.69	0.133	$489 \cdot 10^{-5}$	$498 \cdot 10^{-5}$
11	135.0	6.01	0.78	0.137	$556 \cdot 10^{-5}$	$512 \cdot 10^{-5}$
12	140.0	6.23	0.87	0.166	$62 \cdot 10^{-5}$	$620 \cdot 10^{-5}$

### Numune No 5

L = 143.8 mm d = 53.5 mm						
Okuma No	F (N)	$\sigma$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	32.4	1.44	0.30	0.002	$208 \cdot 10^{-5}$	$748 \cdot 10^{-5}$
2	45.8	2.03	0.34	0.002	$236 \cdot 10^{-5}$	$748 \cdot 10^{-5}$
3	64.9	2.89	0.37	0.002	$257 \cdot 10^{-5}$	$748 \cdot 10^{-5}$
4	82.1	3.65	0.43	0.003	$299 \cdot 10^{-5}$	$1121 \cdot 10^{-5}$
5	96.8	4.31	0.46	0.006	$319 \cdot 10^{-5}$	$2243 \cdot 10^{-5}$
6	116.4	5.18	0.53	0.012	$368 \cdot 10^{-5}$	$4486 \cdot 10^{-5}$
7	141.3	6.29	0.61	0.018	$424 \cdot 10^{-5}$	$6729 \cdot 10^{-5}$
8	164.2	7.30	0.67	0.025	$465 \cdot 10^{-5}$	$9346 \cdot 10^{-5}$
9	189.0	8.41	0.74	0.032	$514 \cdot 10^{-5}$	$11963 \cdot 10^{-5}$
10	202.3	9.00	0.79	0.036	$549 \cdot 10^{-5}$	$13458 \cdot 10^{-5}$
11	221.4	9.85	0,90	0.045	$625 \cdot 10^{-5}$	$16822 \cdot 10^{-5}$
12	255.8	11.38	1.09	0.069	$758 \cdot 10^{-5}$	$25794 \cdot 10^{-5}$
13	265.3	11.80	1.15	0.085	$799 \cdot 10^{-5}$	$31776 \cdot 10^{-5}$
14	257.7	11.46	1.26	0.138	$876 \cdot 10^{-5}$	$51589 \cdot 10^{-5}$

## Ek 1 (devam)

### Numune No 6

L = 141.9 mm d = 53.8 mm						
Okuma No	F (N)	$\sigma$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	15.3	0.67	0.22	0.01	$155 \cdot 10^{-5}$	$3717 \cdot 10^{-5}$
2	26.7	1.17	0.26	0.02	$1832 \cdot 10^{-5}$	$7435 \cdot 10^{-5}$
3	43.9	1.93	0.28	0.03	$1973 \cdot 10^{-5}$	$11152 \cdot 10^{-5}$
4	68.7	3.02	0.33	0.035	$2326 \cdot 10^{-5}$	$13011 \cdot 10^{-5}$
5	99.3	4.37	0.40	0.045	$2819 \cdot 10^{-5}$	$16729 \cdot 10^{-5}$
6	145.1	6.38	0.55	0.048	$3876 \cdot 10^{-5}$	$17844 \cdot 10^{-5}$
7	164.2	7.22	0.60	0.05	$4228 \cdot 10^{-5}$	$18587 \cdot 10^{-5}$
8	189.0	8.31	0.67	0.05	$4722 \cdot 10^{-5}$	$18587 \cdot 10^{-5}$
9	208.1	9.15	0.75	0.051	$5285 \cdot 10^{-5}$	$18959 \cdot 10^{-5}$
10	229.1	10.08	0.80	0.051	$5638 \cdot 10^{-5}$	$18959 \cdot 10^{-5}$
11	246.3	10.83	0.86	0.051	$6061 \cdot 10^{-5}$	$18959 \cdot 10^{-5}$
12	255.8	11.25	0.92	0.051	$6483 \cdot 10^{-5}$	$18959 \cdot 10^{-5}$
13	271.1	11.93	0.99	0.051	$6977 \cdot 10^{-5}$	$18959 \cdot 10^{-5}$

### Numune No 7

L = 141.2 mm d = 53.8 mm						
Okuma No	F(N)	$\sigma$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	30.0	1.32	0.095	0.002	$67 \cdot 10^{-5}$	$74 \cdot 10^{-5}$
2	50.0	1.2	0.153	0.004	$10 \cdot 10^{-6}$	$149 \cdot 10^{-6}$
3	100.0	4.39	0.174	0.005	$12 \cdot 10^{-6}$	$189 \cdot 10^{-6}$
4	115.0	5.05	0.203	0.007	$14 \cdot 10^{-6}$	$260 \cdot 10^{-6}$
5	125.0	5.49	0.232	0.01	$16 \cdot 10^{-6}$	$372 \cdot 10^{-6}$
6	150.0	6.59	0.292	0.017	$20 \cdot 10^{-6}$	$632 \cdot 10^{-6}$
7	170.0	7.47	0.359	0.021	$25 \cdot 10^{-6}$	$781 \cdot 10^{-6}$
8	185.0	8.13	0.403	0.028	$28 \cdot 10^{-6}$	$103 \cdot 10^{-6}$
9	195.0	8.57	0.439	0.032	$31 \cdot 10^{-6}$	$119 \cdot 10^{-6}$
10	205.0	9.01	0.495	0.039	$35 \cdot 10^{-6}$	$144 \cdot 10^{-6}$
11	215.0	9.45	0.547	0.045	$38 \cdot 10^{-6}$	$167 \cdot 10^{-6}$
12	225.0	9.89	0.619	0.052	$43 \cdot 10^{-6}$	$193 \cdot 10^{-6}$

**Ek 1 (devam)****Numune No 8**

L = 143.7 mm d = 53.4 mm						
Okuma No	F(N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	40.1	1.79	0.25	0.015	$174 \cdot 10^{-5}$	$561 \cdot 10^{-5}$
2	51.5	2.29	0.27	0.018	$187 \cdot 10^{-5}$	$711 \cdot 10^{-5}$
3	64.9	2.89	0.29	0.020	$201 \cdot 10^{-5}$	$786 \cdot 10^{-5}$
4	80.1	3.57	0.32	0.025	$222 \cdot 10^{-5}$	$936 \cdot 10^{-5}$
5	95.4	4.25	0.34	0.03	$236 \cdot 10^{-5}$	$1123 \cdot 10^{-6}$
6	127.9	5.71	0.40	0.038	$278 \cdot 10^{-5}$	$1423 \cdot 10^{-6}$
7	137.4	6.13	0.42	0.043	$292 \cdot 10^{-5}$	$1610 \cdot 10^{-6}$
8	158.4	7.07	0.49	0.045	$341 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
9	181.3	8.09	0.54	0.045	$375 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
10	188.9	8.43	0.57	0.045	$396 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
11	202.3	9.03	0.62	0.045	$431 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
12	225.2	10.05	0.67	0.045	$466 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
13	234.8	10.48	0.72	0.045	$501 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
14	248.1	11.07	0.77	0.045	$535 \cdot 10^{-5}$	$1685 \cdot 10^{-6}$
15	253.8	11.33	0.84	0.046	$584 \cdot 10^{-5}$	$1722 \cdot 10^{-6}$
16	267.2	11.93	0.95	0.047	$661 \cdot 10^{-5}$	$1760 \cdot 10^{-6}$

**Numune No 9**

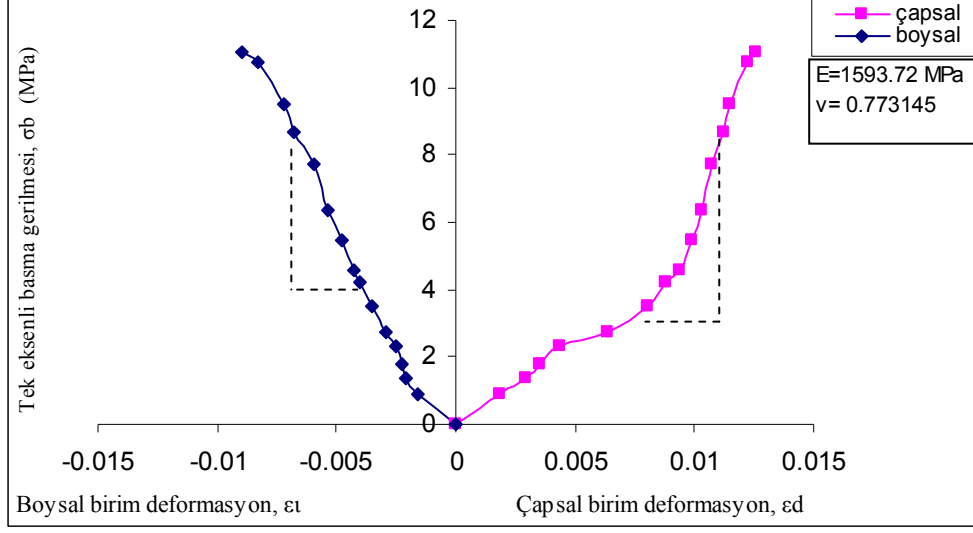
L = 144.2 mm d = 53.4 mm						
Okuma No	F(N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	25.0	1.11	0.199	0.018	$138 \cdot 10^{-5}$	$67 \cdot 10^{-6}$
2	35.0	1.56	0.234	0.018	$162 \cdot 10^{-5}$	$67 \cdot 10^{-6}$
3	50.0	2.23	0.264	0.018	$183 \cdot 10^{-5}$	$67 \cdot 10^{-6}$
4	65.0	2.90	0.317	0.018	$220 \cdot 10^{-5}$	$67 \cdot 10^{-6}$
5	90.0	4.01	0.401	0.018	$278 \cdot 10^{-5}$	$67 \cdot 10^{-6}$
6	106.9	4.77	0.451	0.018	$313 \cdot 10^{-5}$	$78 \cdot 10^{-6}$
7	125.0	5.58	0.496	0.021	$344 \cdot 10^{-5}$	$86 \cdot 10^{-6}$
8	135.0	6.02	0.534	0.023	$370 \cdot 10^{-5}$	$101 \cdot 10^{-5}$
9	150.0	6.69	0.599	0.027	$415 \cdot 10^{-5}$	$116 \cdot 10^{-5}$
10	175.0	7.81	0.666	0.036	$462 \cdot 10^{-5}$	$135 \cdot 10^{-5}$
11	185.0	8.29	0.744	0.039	$516 \cdot 10^{-5}$	$146 \cdot 10^{-5}$
12	190.0	8.48	0.805	0.041	$558 \cdot 10^{-5}$	$154 \cdot 10^{-5}$
13	200.0	8.92	0.834	0.043	$578 \cdot 10^{-5}$	$161 \cdot 10^{-5}$

**Ek 1 (devam)****Numune No 10**

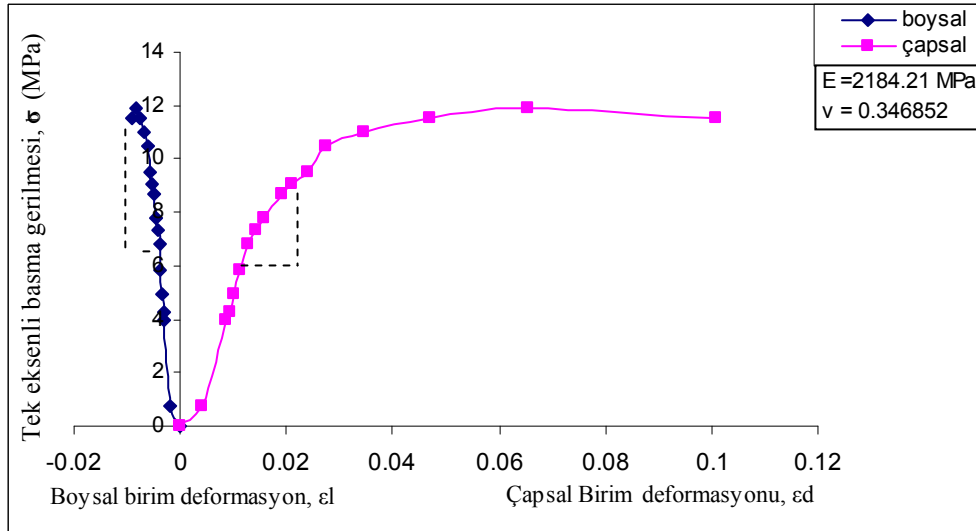
L = 143.3mm d = 53.4 mm						
Okuma No	F(N)	$\sigma_b$ (MPa)	$\Delta l$ (mm)	$\Delta d/2$ (mm)	$\epsilon_l$	$\epsilon_d$
1	19.1	0.85	0.01	0.007	$269.10^{-6}$	$262.10^{-6}$
2	30.5	1.36	0.05	0.022	$348.10^{-6}$	$824.10^{-6}$
3	45.8	2.04	0.06	0.026	$418.10^{-6}$	$978.10^{-6}$
4	59.2	2.64	0.08	0.031	$558.10^{-6}$	$1161.10^{-5}$
5	78.3	3.49	0.12	0.033	$837.10^{-6}$	$1236.10^{-5}$
6	87.8	3.92	0.14	0.033	$976.10^{-6}$	$1236.10^{-5}$
7	120.3	5.37	0.18	0.033	$1256.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
8	131.7	5.88	0.21	0.033	$1465.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
9	154.6	6.90	0.27	0.033	$1884.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
10	171.8	7.67	0.30	0.033	$2093.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
11	187.1	8.35	0.34	0.033	$2372.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
12	211.9	9.46	0.42	0.033	$2930.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
13	225.2	10.05	0.46	0.033	$3210.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
14	230.5	10.29	0.53	0.033	$3698.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
15	255.8	11.42	0.60	0.033	$4187.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
16	265.3	11.84	0.64	0.033	$4466.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
17	278.7	12.44	0.71	0.033	$4954.10^{-5}$	$1236.10^{-5}$
18	297.8	13.29	0.77	0.034	$5373.10^{-5}$	$1273.10^{-5}$
19	305.4	13.63	0.88	0.039	$6140.10^{-5}$	$1460.10^{-5}$

## EK-2

### Eskişehir-Derbent yöresine ait tüflerin gerilme birim deformasyon eğrileri

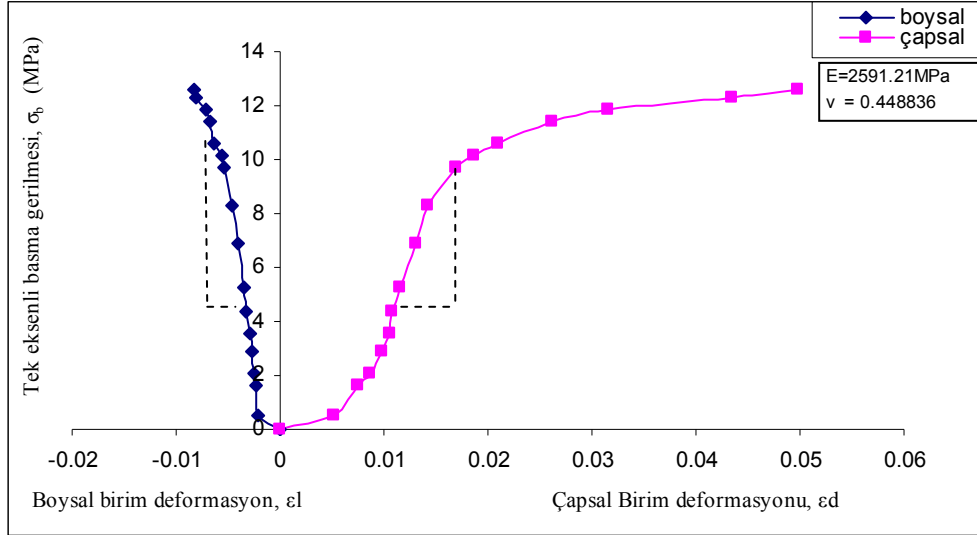


1 nolu tüf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

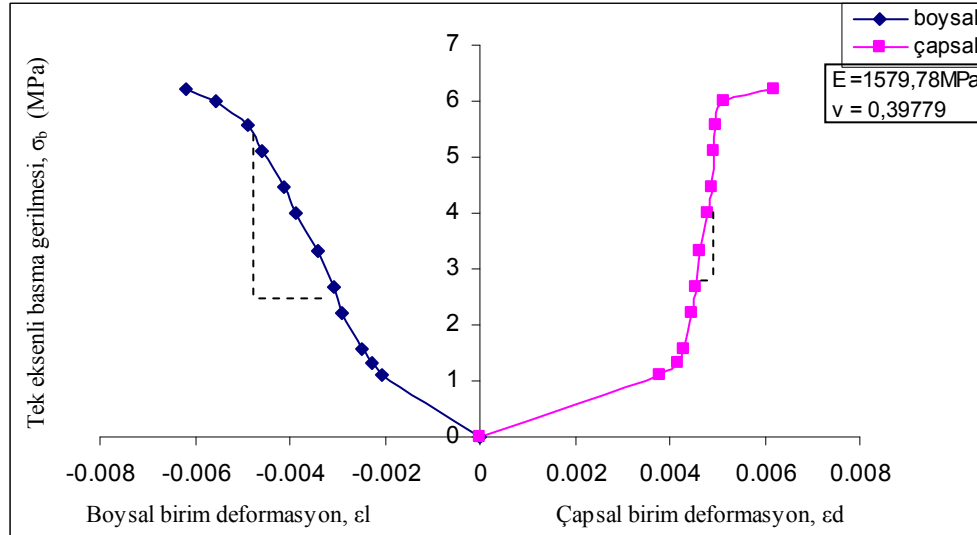


2 nolu tüf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

## Ek 2 (devam)



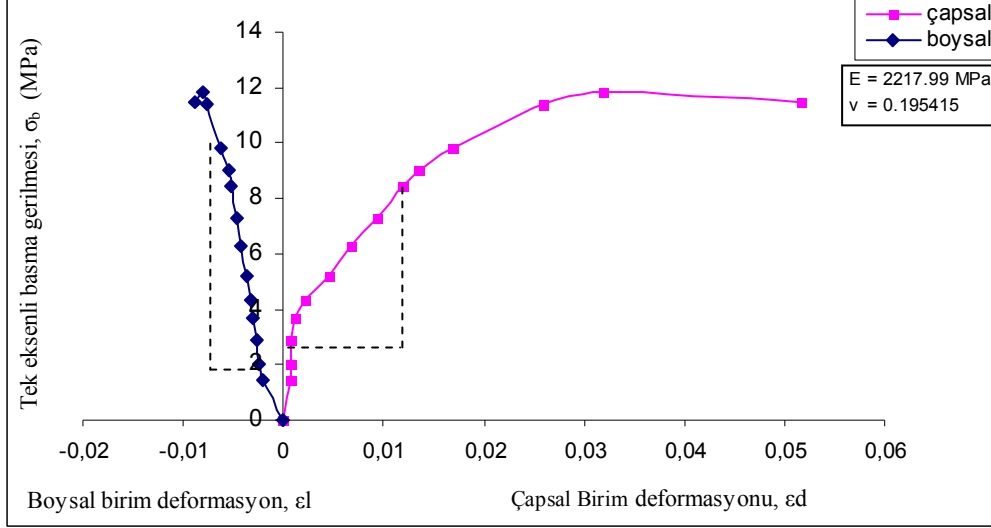
3 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi



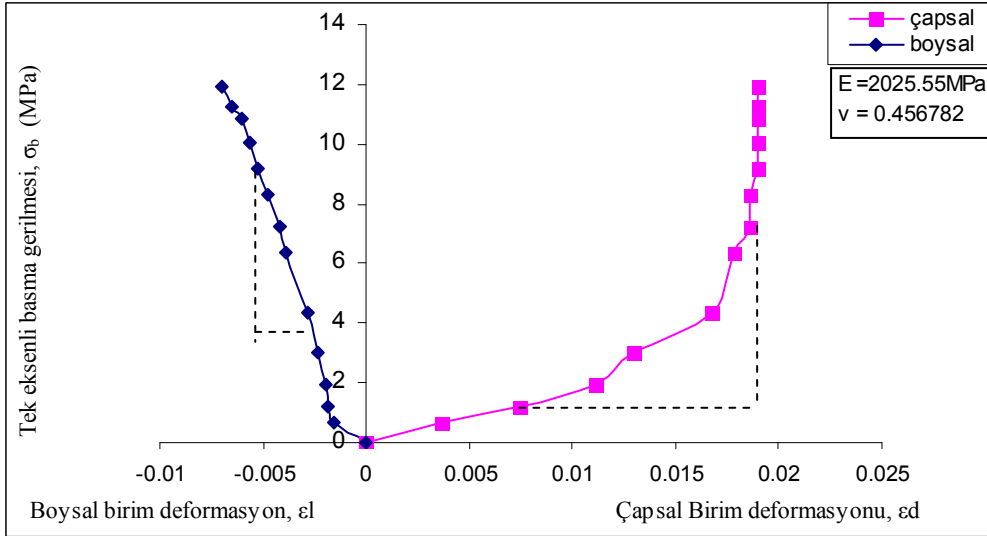
4 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi



## Ek 2 (devam)

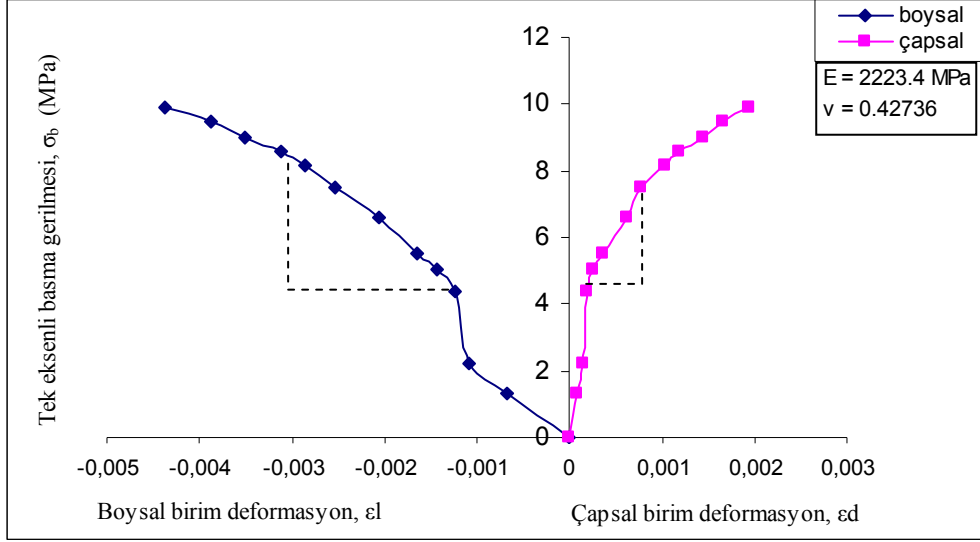


5 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

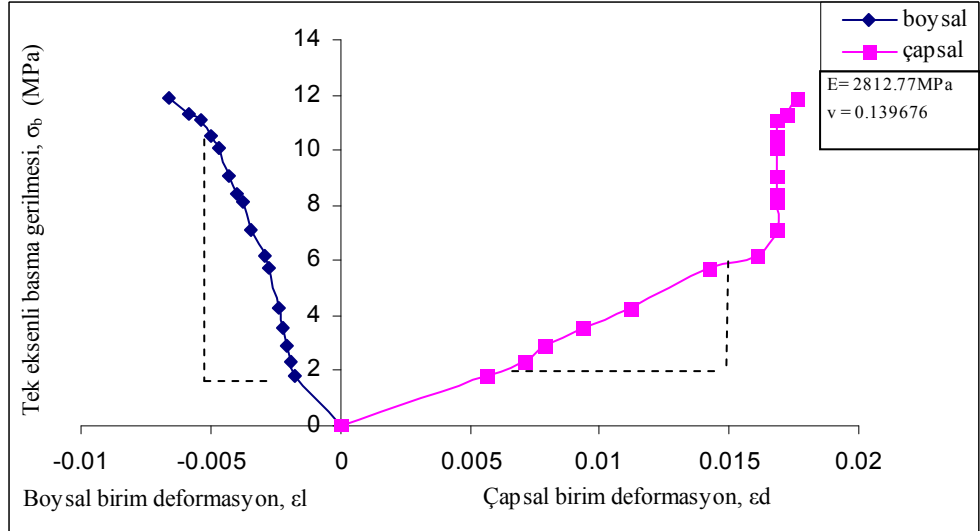


6 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

## Ek 2 (devam)

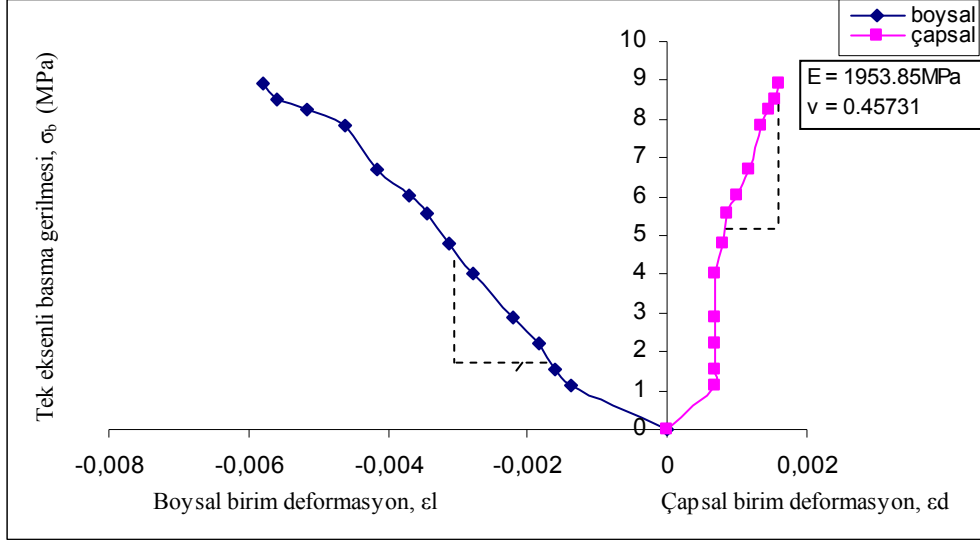


7 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

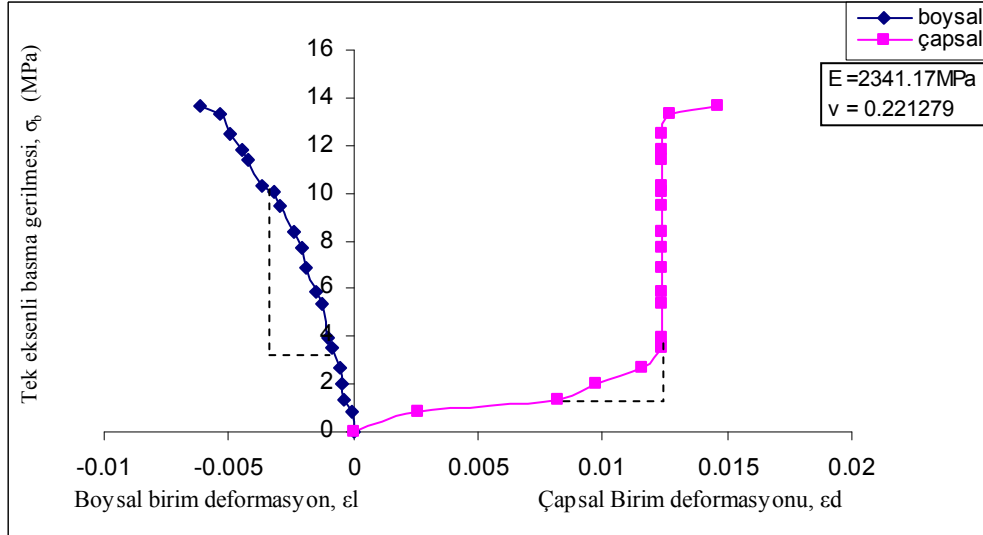


8 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi

## Ek 2 (devam)



9 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi



10 nolu tuf numunesinin gerilme-birim deformasyon eğrisi





### Ek 3 devamı

Numune adı	11.gün	12.gün	13.gün	14.gün	15.gün	16.gün	17.gün	18.gün	19.gün	20.gün
F3	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5	788.5
F4	792.8	792.9	792.9	792.9	792.9	792.9	792.9	792.9	792.9	792.9
F5	776.7	776.7	776.7	776.8	776.7	776.7	776.7	776.7	776.7	776.8
G1	500.8	500.8	501.4	501.4	501.5	501.5	501.5	501.5	501.4	501.0
G2	509.1	509.1	509.5	509.6	509.6	509.6	509.6	509.6	509.6	509.2
G3	507.6	507.6	508.2	508.2	508.3	508.3	508.3	508.3	508.3	507.9
G4	504.6	504.7	504.8	504.8	504.9	504.9	504.9	504.9	504.9	504.5
G5	497.8	497.9	497.9	497.9	497.9	497.9	497.9	498.0	498.0	497.6