



T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

21/12/2020

Proje Bilgileri					
Projenin Adı	İGNİMBİRİTLERDE KAYNAŞMA DERECEİ İLE LİTİK MALZEME ŞEKLİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ				
Proje No	BAP18F25				
Başlama Tarihi	11 Temmuz 2018		Bitiş Tarihi	11 Eylül 2020	
Destek Miktarı (TL)	29760.40	Gerçekleşen Miktar (TL)	29499.88	Kalan Miktar (TL)	260.52

Yukarıda bilgileri verilen Yürütücüsü olduğum Bilimsel Araştırma Projesine ilişkin Sonuç Raporu ekte verilmektedir.
Bilgilerinize arz ederim.

Doç. Dr. Mutluhan AKIN
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

EK: Sonuç Raporu (89 sayfa)



BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ SONUÇ RAPORU

İGNİMBİRİTLERDE KAYNAŞMA DERECEŚİ İLE LİTİK MALZEME ŞEKLİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ *Evaluation of the Relationship between Welding Degree and the Shape of Lithic Fragment for İgnimbrites*

Proje No: BAP18F25

Proje Yürütücüsü:

Doç. Dr. Mutluhan Akın
*Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliğı Bölümü*

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Tamer Topal, *ODTÜ, Jeoloji Müh. Böl.*
Doç. Dr. İsmail Dinçer, *NEVÜ, Mühendislik Mim. Fak., Jeoloji Müh. Böl.*
Doç. Dr. Müge Akın, *AGÜ, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl.*
Doç. Dr. Ali Özvan, *YYÜ, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Böl.*
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Orhan, *NEVÜ, Mühendislik Mim. Fak., Jeoloji Müh. Böl.*
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Orhan, *NEVÜ, Mühendislik Mim. Fak., Jeoloji Müh. Böl.*

NEVÜ BAP
Nevşehir, 2020

ÖZET

Piroklastik bir kaya türü olan ignimbirit, oluşumu esnasındaki sıcaklık ($>535^{\circ}\text{C}$) ve basınç koşullarına bağlı olarak farklı kaynaşma derecelerine sahip olabilir. İgnimbiritlerde kaynaşmayı kontrol eden en önemli faktörler olan oluşum sıcaklığı ve depolanma ortamındaki örtü yükü kalınlığı arttıkça ignimbiritlerdeki kaynaşma derecesi artmaktadır. Artan oluşum sıcaklığı ile ignimbiritlerde plastik deformasyon gözlenir ve içerdikleri camsı minerallerde kaynaşma meydana gelir. Bununla birlikte, depolanmayla birlikte artan örtü yükü kalınlığı, alt bölümlerde yer alan ignimbiritlerdeki kül hamurunun ve içerisinde bulunan pomza tanelerinin deforme olmasına neden olur. Bu deformasyon sırasında litik malzemeler farklı oranlarda yassılaştırmış bir şekil alırlar. Yüksek deformasyonla birlikte ignimbiritlerin pomza taneleri merceksi bir yapı kazanmakta ve kaya daha kaynaştırmış hale gelmektedir. İgnimbiritlerin kaynaşma derecesinin artması, kayanın fiziko-mekanik özelliklerinde de iyileşmesine neden olmaktadır.

Bu araştırma kapsamında ülkemizde ignimbiritlerin yaygın olarak gözlemlendiği üç ayrı bölgeden (Kayseri, Nevşehir, Ahlat) elde edilen farklı renk ve doku özellikleri sunan 16 farklı ignimbirit türü üzerinde petrografik, mineralojik, jeokimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bu örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra, aynı ignimbirit örneklerinde bulunan pomza ve diğer kayaç parçalarından oluşan litik tanelerin uzun ve kısa eksen uzunlukları mikroskop altında ölçülerek belirlenmiş ve farklı şekil parametresi değerlendirme yöntemleri ile şekil oranları ortaya konmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde Kayseri ve Ahlat ignimbiritlerinde pomza tanelerinin daha merceksi bir yapıda olduğu ortaya konmuştur. Nevşehir ignimbiritlerinde pomza taneleri merceksi bir yapı kazanmamışlardır. Öte yandan, tüm ignimbirit örneklerinde diğer kayaç parçalarına ait litik tanelerde belirgin bir yassılaştırmı olmadığı ortaya konmuştur. Dayanım açısından incelendiğinde Kayseri ignimbiritleri çoğunlukla diğer ignimbirit türlerine göre daha yüksek dayanımlıdır. En düşük dayanıma Nevşehir ignimbiritleri sahiptir.

Araştırmanın amaçlarından biri olarak, ignimbiritlerdeki farklı fiziksel ve mekanik özellikler ile pomza tanelerindeki yassılaştırmı oranları arasındaki istatistiksel ilişkiler araştırılmıştır. Basit regresyon analizleri sonucunda en anlamlı ilişkinin pomza tanelerinin en-boy ve basıklık oranı şekil parametreleri ile ignimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı arasında olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkiye göre, pomzalarındaki basıklık oranı (yassılık) arttıkça malzeme dayanımı da yükselmektedir.

Öte yandan, bu araştırma projesi sonucunda ignimbiritlerin kaynaşma derecesinin değerlendirilebilmesi için bölgede yapılmış diğer araştırma sonuçları da veri tabanına dahil edilerek ignimbiritler için tek eksenli basınç dayanımı ve kuru birim hacim ağırlık kullanılarak bir kaynaşma derecesi sınıflaması geliştirilmiştir. Önerilen kaynaşma sınıflaması kaynaşmamış ile çok iyi derecede kaynaştırmış arasında değişen altı sınıftan oluşmaktadır. İncelenen ignimbiritlerin kaynaşma dereceleri değerlendirildiğinde Kayseri ignimbiritleri çoğunlukla orta derecede kaynaşma özelliği sergilemektedir. Nevşehir ignimbiritleri ise az kaynaştırmış bir yapıya sahiptir. Ahlat ignimbiritlerinde ise kaynaşma derecesi az dereceden iyi dereceye kadar değişebilmektedir. Aynı zamanda, ignimbiritlerin kaynaşma derecesi sınıfları ile pomza tanelerinin basıklık oranı (OR) değerlerinin farklı kaynaşma derecesindeki sınır değerleri kullanılarak yapılan sınıflama arasında büyük oranda benzerlik bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: İgnimbirit, kaynaşma, pomza, basıklık oranı, kaynaşma sınıflaması, dayanım

ABSTRACT

Ignimbrite, a pyroclastic rock type, may have different welding degrees depending on the temperature ($> 535^{\circ}\text{C}$) and pressure conditions during formation. The welding degree in ignimbrites increases as the formation temperature and thickness of the overburden load in the depositional environment, which are the most important factors controlling the welding, in ignimbrites. With the increasing formation temperature, plastic deformation is observed in the ignimbrites and welding occurs in the glassy minerals. Moreover, the increasing thickness of overburden due to deposition deforms the matrix of ignimbrites as well as the pumice grains at the lower sections. During this deformation, lithic fragments are flattened at different rates. With high deformation, pumice grains of ignimbrites acquire a lens-shaped structure and the rock becomes more welded. The increase in the welding degree of ignimbrites causes the physical-mechanical properties of the rock to improve.

Within the scope of this research, petrographic, mineralogical and geochemical studies were carried out on 16 different ignimbrite types, which have different color and texture properties, obtained from three different regions (Kayseri, Nevşehir, Ahlat) where ignimbrites are widely observed in our country, and the physical and mechanical properties of these samples were revealed. In addition, the long and short axis lengths of lithic fragments consisting of pumice and other rock grains found in the same ignimbrite samples were determined by measuring under the microscope, and shape ratios were revealed by different shape parameter evaluation methods. When evaluated in general, it was revealed that pumice grains in Kayseri and Ahlat ignimbrites have a more lens-shaped structure. In Nevşehir ignimbrites, pumice grains do not have an oblate structure. On the other hand, in all ignimbrite samples, it was revealed that there is no significant flattening of the lithic grains belonging to other rock fragments. From the point of material strength, Kayseri ignimbrite mostly has higher strength than other ignimbrite types. Nevşehir ignimbrites have the lowest strength.

As one of the aims of the study, the statistical relationships between different physical and mechanical properties of ignimbrites and flattening rates in pumice grains were investigated. As a result of simple regression analysis, it was determined that the most significant relationship was between the aspect and oblateness ratio of the pumice grains and the uniaxial compressive strength of ignimbrites. According to this relationship, the higher the oblateness ratio (flatness) of the pumice, the higher the material strength.

On the other hand, in order to evaluate the welding degree of ignimbrites as a result of this research project, other research data obtained in the region were also included in the database, and a welding degree classification was developed for ignimbrites by using uniaxial compressive strength and dry unit weight. The suggested welding classification consists of six classes ranging from non-welded to very well-welded. When the welding degree of the studied ignimbrites is evaluated, Kayseri ignimbrites mostly exhibit moderate welding degree. Nevşehir ignimbrites have a less welded structure. In Ahlat ignimbrites, the degree of welding may vary from low to good. At the same time, a great similarity was achieved between the welding degree classes of ignimbrites and the classification using the threshold values of the oblateness ratio (OR) values of pumice grains at different welding degrees.

Key Words: Ignimbrite, welding, pumice, oblateness ratio, welding classification, strength

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	3
1.2 Önceki Çalışmalar.....	6
2. MALZEME VE YÖNTEM	17
2.1 Malzeme.....	17
2.1.1 Yöntem.....	18
2.2.1 Literatür Taraması	18
2.2.2 Arazi Çalışmaları	18
2.2.3 Laboratuvar Çalışmaları.....	21
2.2.3.1 Fiziko-Mekanik Özelliklerin Belirlenmesine Yönelik Deneyler	21
2.2.3.2 Pomza ve Litik Malzeme Boyutlarının Belirlenmesi	23
2.2.3.3 İğnimbiritlerin Kimyasal Bileşiminin ve Oluşum Sıcaklığının Tespitine Yönelik Analizler	26
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	29
3.1 İğnimbiritlerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri	29
3.2 İğnimbiritlerin Jeokimyasal Sınıflaması	34
3.3 İğnimbiritlerde Mineral Kimyası Çalışmaları	37
3.3.1 Plajiyoklaz Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu	37
3.3.2 Biyotit Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu	39
3.3.3 Amfibol Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu	41
3.3.4 Piroksen Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu	46
3.4 İncelenen İğnimbiritlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri.....	49
3.5 İncelenen İğnimbiritlerde Pomza ve Litik Tanelerin Şekil ve Boyutları.....	55
3.6 İğnimbiritlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri ve İçerdikleri Pomza Tanelerinin Şekil Parametreleri Arasındaki İlişkiler.....	64
3.7 İğnimbiritlerdeki Kaynaşma Derecesinin Değerlendirilmesi ve Kaynaşma Sınıflaması..	72
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	85
EKLER.....	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1	Volkanik patlama süreçleri ve ignimbiritlerin oluşum mekanizması.....	2
Şekil 1.2	Arazide ignimbiritlerin depolanma ortamında kaynaşma zonlarının düşey ve yanal yönde şematik gösterimi (Smith, 1960'dan değiştirilerek)	2
Şekil 1.3	İgnimbiritlerde gözlenen fiyam yapısının yakın görünümü	4
Şekil 1.4	Araştırma kapsamında ignimbirit örneklerinde saptanan bazı parametrelerin şematik gösterimi	5
Şekil 1.5	Pomzalı örneklerde pomza tane ve doku şekilleri (Gifkins, 2001)	8
Şekil 1.6	İgnimbiritlerdeki fiziksel-mekanik özellikler arasındaki ilişkiler ve yassılık oranı ile birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki (d) (Quane ve Russell, 2005).....	10
Şekil 1.7	Artan kaynaşma derecesine bağlı olarak ignimbiritlerdeki pomza tanelerindeki şekil oranının (AR) değişimi (Mundula vd., 2009).....	13
Şekil 1.8	Artan kaynaşma derecesine bağlı olarak ignimbiritlerdeki cam kıymıklarının yönlenmesindeki (Vc) değişim (Mundula vd., 2009)	14
Şekil 1.9	İgnimbiritlerde pomza şekli ve cam kıymıklarının yönlenmesine bağlı kaynaşma sınıflaması (Mundula vd., 2009)	15
Şekil 2.1	Kayseri çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü.....	19
Şekil 2.2	Nevşehir çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü	20
Şekil 2.3	Ahlat çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü	21
Şekil 2.4	Laboratuvarda gerçekleştirilen P-dalga hızı ölçümlerinden bir görünüm.....	22
Şekil 2.5	Laboratuvarda gerçekleştirilen tek eksenli basınç deneyinden bir görünüm	23
Şekil 2.6	İgnimbiritlerdeki pomza ve litik tanelerin mikroskop altında üstten aydınlatma ile incelenmesi.....	24
Şekil 2.7	İgnimbiritlerdeki pomza ve litik tanelerin eksen boyutlarının yazılım üzerinde ölçümü..	24
Şekil 2.8	Şekil parametrelerinin belirlenmesi amacıyla pomza ve litik tanelerde uzun (a) ve kısa (b) eksen uzunlukları.....	25
Şekil 2.9	Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan EPMA cihazının görüntüsü	26
Şekil 2.10	İgnimbiritlerin sıvı kapanım analizleri için hazırlanmış iki tarafı parlatılmış kesitlerin görüntüleri.....	27
Şekil 2.11	Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yer alan sıvı kapanım cihazının görüntüsü.....	27
Şekil 2.12	Oda sıcaklığında kuvars mineralinde birincil L+V fazlarını içeren sıvı kapanımların mikroskopik görüntüsü (L: likit, V: vapor)	28
Şekil 3.1	Kayseri Bölgesi Tomarza (Sh, Kh, Kr), Pınarbaşı (S, B) ve Turan (G) ignimbiritlerinde; (a-b) Sh nolu örnekte ötakstitik dokunun, (c) Kh nolu örnekte fenokristal ve fenokristal	

içeren ponza ve litik parçaların (d-e) Kr nolu örnekte fenokristal ve kayaç parçalarının zengin kayacın, (f-g) S nolu örnekte ve (h) B nolu örnekte volkanik cam kıymıklarınca zengin tipik ötakstitik dokunun, (i) G nolu örnekte volkanik cam kıymıklarınca zengin vitrofirik dokunun çift nikol mikroskop görüntüleri (fld; feldispat, litik; kayaç parçası, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm; pomza, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, sn; sanidin, q; kuvars)	31
Şekil 3.2 Nevşehir Bölgesi Kavak (SB, GK, BJ, OH, KV), Damsa (DT) ve Kızılkaya (BD) ignimbiritlerinde; (a) SB, (b) GK-3, (c) BJ-3 ve (d) OH-2 nolu örneklerde pomza parçalarının zengin vitrofirik dokunun, (e) KV-2 nolu örnekte fenokristal, pomza ve litik parçalar ve volkanik cam kıymıkları içerisinde gaz boşluklarının, (f-g) KV-3 nolu örnekte volkanik cam kıymıkları içerisinde fenokristaller ve pomza parçalarının, (h) DT nolu örnekte fenokristal ve cam kıymıklarının, (i) BD-1 nolu örnekte ötakstitik dokunun mikroskopik görüntüleri (bio; biyotit, fld; feldispat, g; gaz boşlukları, litik; kayaç parçası, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm; pomza, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, q; kuvars) (a-e; tek nikol, f; çift nikol).....	33
Şekil 3.3 Bitlis Bölgesi Ahlat ignimbiritlerinde; (a-b) N1 ve N2 nolu örneklerde volkanik cam kıymıkları ve ötakstitik dokunun, (b) N2 nolu ve (c) N3 nolu örneklerde vitrofirik dokunun tek nikol mikroskop görüntüleri (amf; amfibol, litik; kayaç parçaları, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm, pomza parçaları, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, sn; sanidin, q; kuvars)	33
Şekil 3.4 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin toplam alkaliye (Na ₂ O+K ₂ O) karşı SiO ₂ diyagramında sınıflandırılması (Middlemost, 1994).....	34
Şekil 3.5 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin K ₂ O karşı SiO ₂ diyagramında sınıflandırılması (Rickwood, 1989).....	36
Şekil 3.6 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin AFM [(K ₂ O+Na ₂ O) – FeO – MgO] üçgen diyagramında sınıflandırılması (Irvine ve Baragar, 1971).....	37
Şekil 3.7 Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerine ait Sh örneğin (a) I ve (b) II nolu bölgelerin SEM görüntüsü (amf; amfibol, plg; plajiyoklaz, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları)	38
Şekil 3.8 Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerine ait plajiyoklazların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflandırılması (Deer vd., 1966).....	39
Şekil 3.9 Kavak (Nevşehir) ignimbiritlerine ait BJ1 nolu örneğin SEM görüntüsü (bio; biyotit, pm; pomza).....	40
Şekil 3.10 Kavak Kavak ignimbiritine ait biyotitlerin; (a) trioktoedral mikaların (Tischendorf vd., 1997), (b) 10xTiO ₂ -(FeO+MnO)-MgO üçgen (Nachit vd., 1985), (c) Ti-Mg/(Mg+Fe)	

(Henry vd., 2005) ve (d) Al_2O_3 -MgO (Abdel-Rahman, 1994) diyagramlarında sınıflandırılması.....	41
Şekil 3.11 Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait N-3-4 nolu örneğin I. bölge SEM görüntüsü (amf; amfibol, shard; volkan camı kıymıkları)	42
Şekil 3.12 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat ignimbiritlerine ait amfibollerin (a) Si-Al ^{IV} (apfu) değişimi, (b) Si - Mg# (Mg/(Mg+Fe)) (apfu) (Leake vd., 1997) ve (c) Si+Na+K (apfu) - Ca+Al ^{IV} (Giret vd., 1980) diyagramında sınıflandırılması, (d) MgO - TiO ₂ (Molina vd., 2009) ve (e) Al_2O_3 - TiO ₂ diyagramında magma kaynağının (Jiang ve An, 1984) belirlenmesi.....	45
Şekil 3.13 Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait N-3-4 nolu örneğin II. bölge SEM görüntüsü (prx; piroksen, shard; volkan camı kıymıkları)	46
Şekil 3.14 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait (a) piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramında sınıflaması (Morimoto, 1988), ve (b) klinopiroksen kompozisyonlarının $X_{PT} - Y_{PT}$ diyagramında sıcaklık tahminleri (Soesoo, 1997) ($X_{PT} = 0.446SiO_2 + 0.187TiO_2 - 0.404Al_2O_3 + 0.346FeO - 0.052MnO + 0.309MgO + 0.431CaO - 0.446Na_2O$; $Y_{PT} = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 + 0.323FeO + 0.235MnO - 0.516MgO - 0.167CaO - 0.153Na_2O$)	48
Şekil 3.15Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlıkları sütun grafiği	51
Şekil 3.16Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin gözeneklilik ve ağırlıkça su emme sütun grafiği	52
Şekil 3.17 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin P-dalga hızı sütun grafiği	53
Şekil 3.18 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı sütun grafiği	54
Şekil 3.19 İgnimbiritlerdeki litik taneler için şekil parametresi oranları	57
Şekil 3.20 İgnimbiritlerdeki pomza taneleri için şekil parametresi oranları	57
Şekil 3.21 İgnimbiritlerdeki litik tanelerin uzun ve kısa eksen uzunlukları	58
Şekil 3.22 İgnimbiritlerdeki pomza tanelerinin uzun ve kısa eksen uzunlukları	58
Şekil 3.23 G ve Sh kodlu Kayseri ignimbiritlerinde merceksi şekil kazanan pomza taneleri	60
Şekil 3.24 SB kodlu Nevşehir ignimbiritlerinde yuvarlağımsı şekilli pomza taneleri	61
Şekil 3.25 Ahlat ignimbiritlerinde makro ölçekte merceksi şekilli pomza taneleri.....	62
Şekil 3.26 İgnimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı (kuru) ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler	65
Şekil 3.27 İgnimbiritlerin kuru birim hacim ağırlığı ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler	67
Şekil 3.28 İgnimbiritlerin görünür gözenekliliği ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler	68

Şekil 3.29 İgnimbiritlerin P-dalga hızı (kuru) ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler	70
Şekil 3.30 İgnimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı (kuru) ile pomza tanelerindeki uzun eksen (a) ve kısa eksen (b) boyutları (mm) arasındaki istatistiksel ilişkiler	71
Şekil 3.31 İgnimbiritlerin P-dalga hızı (kuru) ile pomza tanelerindeki uzun eksen (a) ve kısa eksen (b) boyutları (mm) arasındaki istatistiksel ilişkiler	72
Şekil 3.32 Bu çalışma kapsamında ignimbiritler için önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması	75
Şekil 3.33 Araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin bu çalışma kapsamında önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması üzerinde gösterimi	77

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1 İgnimbiritlerdeki farklı kaynaşma derecelerine ait fiziko-mekanik özellikler ve basıklık oranındaki değişimler (Quane ve Russell, 2005).....	10
Çizelge 2.1 Proje kapsamında kullanılan ignimbiritlerin örnekleme lokasyonları ve örnek kodları	18
Çizelge 3.1 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin mineralojik ve petrografik özellikleri	30
Çizelge 3.2 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin jeokimya analiz sonuçları.....	35
Çizelge 3.3 Tomarza ignimbiritlerine ait plajiyoklazların elektron mikroprob sonuçları	38
Çizelge 3.4 Kavak ignimbiritlerine ait biyotitlerin elektron mikroprob sonuçları.....	40
Çizelge 3.5 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat ignimbiritlerine ait amfibollerin elektron mikroprob sonuçları.....	43
Çizelge 3.6 Tomarza ve Ahlat ignimbiritlerine ait piroksenlerin elektron mikroprob sonuçları	47
Çizelge 3.7 Tomarza (Kayseri), Kavak (Nevşehir) ve Ahlat (Bitlis) ignimbiritleri için farklı minerallerde tahmin edilmiş kristalizasyon sıcaklıkları	49
Çizelge 3.8 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin ortalama fiziko-mekanik özellikleri.....	50
Çizelge 3.9 Pomza ve litik tanelerin eksen uzunlukları ve farklı şekil parametresi değerleri	56
Çizelge 3.10 Araştırma kapsamında incelenen ignimbirit örneklerinin kaynaşma derecelerinin ortalama TEBD, birim hacim ağırlığı ve OR parametrelerine göre Quane ve Russell (2005) sınıflaması yardımıyla sınıflandırılması.....	73
Çizelge 3.11 Bu araştırma kapsamında önerilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıf aralıklarının Quane ve Russell (2005) sınıflaması ile karşılaştırılması	76
Çizelge 3.12 Araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin bu çalışma kapsamında önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasına göre kaynaşma derecesi sınıfları	77
Çizelge 3.13 Önerilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıfları için pomza tanesi basıklık oranı (OR) değerlerinin sınır değerleri	78
Çizelge 3.14 İncelenen ignimbiritlerin basıklık oranı (OR) parametresine göre kaynaşma derecesi sınıfları	78

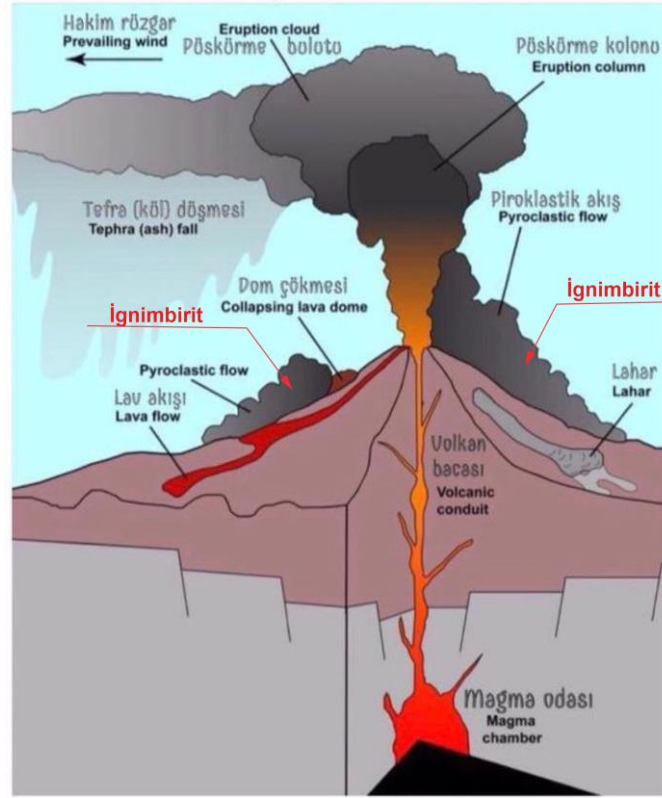
1. GİRİŞ

İgnimbirit genel olarak çoğunluklu olarak pomza ve volkanik kayaç parçalarından oluşmuş sıcak ve yoğun piroklastik akıntıların depolanması sonucu oluşmuş piroklastik bir kaya olarak tanımlanmaktadır (Walker, 1983; Moon, 1993). Volkanik kayaçların bir alt grubu olan piroklastiklerin bir üyesi olan ignimbiritler, ülkemizde geniş yayılım alanlarına sahiptir. Özellikle Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesi olmak üzere, yurdumuzun çeşitli bölgelerinde kalın ignimbirit istiflerine rastlanmaktadır. Isı ve ses yalıtım, düşük birim hacim ağırlık (hafiflik), kolay işlenebilirlik ve dekoratif özellikleri nedeniyle geçmişte çok sayıda tarihi eserde kullanılmış olup, günümüzde de doğal yapıtaşı sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özelliklerinin yanı sıra, ignimbiritler düşük dayanımları sebebiyle zayıf dayanımlı kaya grubunda yer almaktadırlar. İgnimbirit türü kayaçlar, özellikle ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristallenmesi gibi çevrimsel atmosferik etkilere karşı oldukça hassastırlar. Bu atmosferik etkiler altında ignimbiritler hızlı bir ayrışma sürecine girebilmektedir. Bu nedenle ignimbiritlerin kullanım alanlarının doğru seçimi ve görece iyi fiziko-mekanik özelliklere sahip malzemenin tercih edilmesi, kullanıldığı yapının uzun ömürlü olması açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, yapıtaşı olarak kullanılacak olan ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özellikler ışığında kullanım alanlarının (iç mekan-dış mekan) tespit edilmesi gerekmektedir.

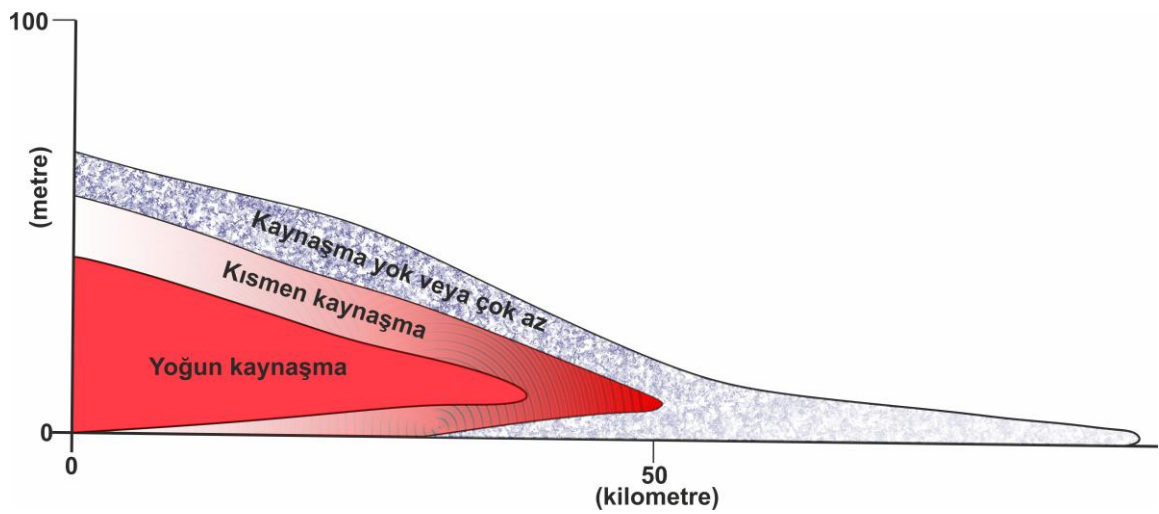
İgnimbiritler, volkanik faaliyetler sırasında volkan bacasından çıkan ve yaklaşık 500-700 °C sıcaklık ortamında volkan bacası eteklerinde oluşan oluşturmaktadırlar (Şekil 1.1). Birikimleri sırasındaki sıcaklık koşulları ve depolanma ortamındaki örtü yükü basınçları ignimbiritlerin kaynaşma derecesi üzerinde doğrudan rol oynamaktadır. Yüksek sıcaklık (>550-600°C) ve kalın örtü yükü basınçları altında oluşan ignimbiritler göreceli olarak daha iyi fiziko-mekanik özellik sergilemektedirler. Bu nedenle ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özellikleri geniş bir aralıkta dağılım gösterebilmektedir. İgnimbiritlerin kaynaşma derecesinin ortaya konmasında tam olarak kabul edilen bir yöntem bulunmamaktadır. Birçok bilimsel çalışmada, ignimbiritlerin fiziksel özellikleri ile kaynaşma derecesi arasında ilişkiler olduğu vurgulanmasına rağmen, bu ilişkiler tam olarak yorumlanmamış ve genel bir sınıflama geliştirilememiştir.

İgnimbiritlerin oluşumu sırasında volkan bacalarından yüzeye çıkan ve yamaç boyunca akan piroklastik malzemenin içeriğinde daha önceden oluşmuş volkanik kökenli sert kayaç parçalarının (litik malzeme) yanı sıra, oldukça yüksek gözenekliliğe sahip pomza taneleri de yer almaktadır. Sert kayaçlardan türemiş litik malzeme şekli her ne kadar ignimbiritlerin oluşum

sıcaklıklarından çok fazla etkilenmese de, yüksek sıcaklık ($>600^{\circ}\text{C}$) ve kalın ignimbirit istiflerinin bulunduğu sahalarda pomza taneleri yüksek sıcaklığın etkisi ile yassılaşmakta (fiyam yapıları) ve kaya ötekstik bir doku kazanmaktadır. Bu tür bir ortamda oluşan ignimbiritlerde kaya malzemesi dayanımı göreceli olarak yükselmekte, gözeneklilik azalmakta ve bunun sonucunda ignimbiritlerin kaynaşma derecesi artmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.1 Volkanik patlama süreçleri ve ignimbiritlerin oluşum mekanizması

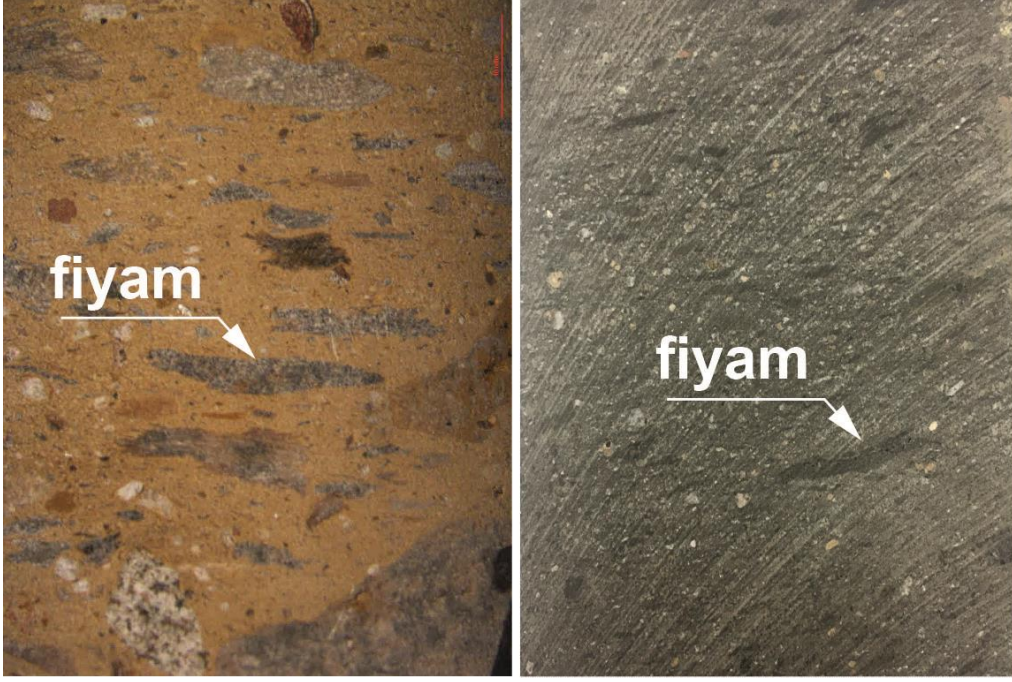


Şekil 1.2 Arazide ignimbiritlerin depolanma ortamında kaynaşma zonlarının düşey ve yanal yönde şematik gösterimi (Smith, 1960'dan değiştirilerek)

Bu araştırma projesi kapsamında ülkemizin farklı yörelerinden temin edilen ignimbirit örnekleri üzerinde kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler belirlenmiş ve aynı örneklerin bünyesinde yer alan pomza ve farklı litik tanelerin yassılık oranları ortaya konmuştur. Bu aşamadan sonra ignimbiritlerin fiziko-mekanik özellikleri ile pomza ve litik tanelerin yassılık oranları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bununla birlikte incelenen farklı ignimbirit türlerinin belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri kullanılarak ignimbiritlerin kaynaşma derecesinde kullanılabilecek grafikler önerilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların ignimbiritlerin yapıtaş ölççeğindeki kullanımlarına ve kaynaşma derecesi konusundaki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

1.1 Amaç ve Kapsam

İgnimbiritler, şiddetli volkan patlamaları sonucunda volkan bacası etrafında yamaç aşağı yönde farklı yönlerde yayılım gösteren piroklastik malzemenin depolanması sonucu oluşurlar. İgnimbiritleri diğer piroklastik kayalardan ayıran en önemli özellik depolanma sürecinde geçirdikleri kaynaşma davranışdır. Oldukça geniş alanları kaplayan ve yüksek hacimli kütleler oluşturan ignimbiritler, kül boyutundaki volkanik malzemenin depolanarak yüksek sıcaklıklarda kaynaşması meydana gelir. Literatürde zaman zaman kaynaklı tuf (welded tuff) olarak da adlandırılırlar. Piroklastik akma ürünü olan ignimbiritlerin içerisinde volkanik cam, pomza ve litik taneler bulunmaktadır. Pomza ve litik malzemenin boyutları oldukça geniş bir aralıkta dağılım gösterebilir. İgnimbiritlerde kaynaşma ve sıkışma, volkanik camsı malzemenin yüksek sıcaklıkla ($>600^{\circ}\text{C}$) birlikte viskoz deformasyonu sonucu meydana gelir (Riehle, 1973). Kaynaşma oranının düşük olduğu durumlarda ignimbiritler zayıf ve tam olarak sıkışmamış (pekişmemiş) bir yapı gösterirler. Kaynaşma derecesini akma sırasındaki camsı malzemenin sıcaklığı, bileşimi, uçucu gaz miktarı, depolanma kalınlığı, litik kırıntı içeriği ve soğuma süresi etkiler. Kaynaşmayla birlikte kül hamurda deformasyon ve pomza tanelerinde de yassılaşıma gözlenmektedir. Kaynaşmanın artmasıyla oluşan yassılaştırmış ve uzamış bir şekil gösteren camsı malzemeye fiyam (fiamme) (Şekil 1.3) ve bu aşamada oluşan dokuya da öteksitik (eutaxitic) doku denir (Quane ve Russell, 2005). İgnimbiritlerin kaynaşması sırasında, anlatılan bu süreçler dikkate alındığında, artan kaynaşma derecesiyle birlikte ignimbiritler içerisindeki özellikle pomzaların şekil değiştirerek yassılaşıma eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda, pomza tanelerinin şekli ile ignimbiritlerin kaynaşma dereceleri arasında bir ilişki olduğu düşünülebilir. Bununla birlikte, yüksek kaynaşma derecesine sahip olan ignimbiritlerin göreceli olarak daha yüksek dayanıma, birim hacim ağırlığa ve daha düşük gözenekliliğe sahip olduğu düşünüldüğünde, fiyam yapısının şekli ile ignimbiritlerin fiziko-mekanik özellikleri arasında da bir ilişki olabilir.



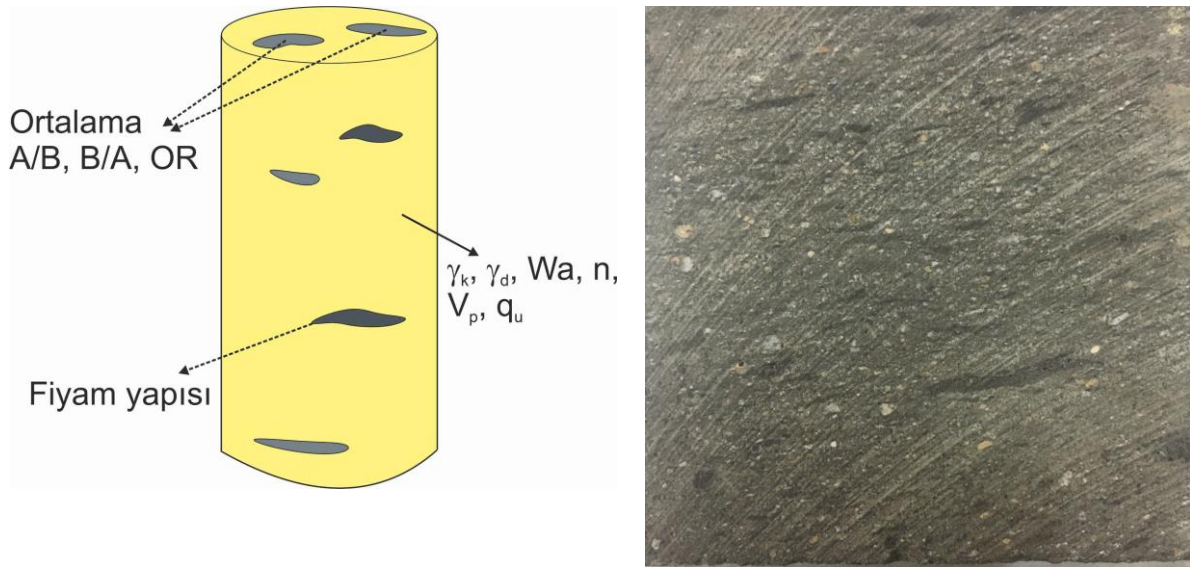
Şekil 1.3 İgnimbiritlerde gözlenen fiyam yapısının yakın görünümü

Bu araştırma ile ignimbiritlerdeki pomza malzemesinin ve litik tanelerin yassılık oranı ile ignimbiritlerin fiziko-mekanik özellikleri arasında herhangi bir ilişki olup olmadığının ortaya konması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de ignimbiritlerin en yaygın olarak gözlemlendiği bölgelerden olan Nevşehir, Kayseri ve Bitlis (Ahlat) illerinden temin edilen örnekler araştırma kapsamında kullanılmıştır. Bu bölgelerin seçilmesindeki en önemli amaç, yüksek derecede değişkenlik gösteren ignimbiritlere ait farklı fiziko-mekanik özelliklere sahip örnekler elde edebilmektir.

Bu kapsamda belirtilen üç ildeki farklı lokasyonlardan alınan değişik karakterdeki blok ignimbirit örneklerinden hazırlanan örnekler (küp ve silindirik) üzerinde pomza ve litik malzemenin uzun (A) ve kısa (B) eksen uzunlukları mikroskop altında belirlenmiştir (Şekil 1.4). Bunu takiben, ölçülen her bir tane için $uzun(A)/kısa(B)$ eksen oranı, $kısa(B)/uzun(A)$ eksen oranı ve Quane ve Russell (2005) tarafından da kullanılan “yassılaşma oranı (OR)” ($OR=1-[B/A]$) değerleri belirlenmiştir. Buna göre, A/B oranı büyüdükçe, B/A oranı küçüldükçe ve OR değeri 1’e yaklaştıkça ölçülen tane şekli yassılaşmaktadır.

Pomza ve litik malzeme boyutları optik mikroskop altında ölçülen ignimbirit örneklerinin daha sonra birim petrografik incelemeleri ve kimyasal analizleri de yapılarak, ignimbiritlerin detay tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte hazırlanan örneklerin fiziko-mekanik özelliklerinin ortaya konması amacıyla kuru-doygun birim hacim ağırlık, görünür gözeneklilik,

ağırlıkça su emme, kuru ve doymuş tek eksenli basınç dayanımı, kuru ve doymuş P dalgası hızı ve değerleri belirlenmiştir (Şekil 1.4). Bazı örneklerle ait değerler, kullanılan örnek sınıfı için daha önce başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışma sonuçlarından alınmıştır. Öte yandan, proje kapsamında alımı gerçekleştirilen elastisite modülü ekipmanı ile ignimbiritlerin elastisite modülü değerlerinin de belirlenmesi hedeflenmiştir. Ancak, tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan pres aletinde meydana gelen bir arıza nedeniyle istenilen miktarda elastisite modülü deneyi gerçekleştirilememiştir. Bu nedenle bu parametre değerlendirmeye alınmamıştır. Söz konusu elastisite modülü aletinin ileride yapılacak bilimsel araştırmalarda detaylı olarak kullanılacaktır.



Şekil 1.4 Araştırma kapsamında ignimbirit örneklerinde saptanan bazı parametrelerin şematik gösterimi

Son aşamada, her bir örnek için ortalama yassılık parametreleri ile fiziko-mekanik özellikler arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenmiştir. Bu kapsamda, yassılık-fiziko-mekanik parametreler arasındaki ilişkiler yardımıyla ignimbiritlerin kaynaşma derecesine yönelik yorumlamalar araştırmanın amacı doğrultusunda yapılmıştır.

1.2 Önceki Çalışmalar

İgnimbiritlerin oluşum mekanizmaları, genel jeolojik özellikleri, fiziko-mekanik parametreleri ve bozunma performansları hakkında ulusal ve uluslararası alanda çok sayıda bilimsel araştırma ve yayın mevcuttur. Bununla birlikte, ignimbiritlerin kaynaşma dereceleri üzerine yapılmış sınırlı sayıda bilimsel yayın da dikkati çekmektedir. Ancak, bu yayınlarda ignimbiritlerin kaynaşma derecesi ile litik ve pomza tanelerinin (fiyam yapılarının) şekli arasındaki ilişkiyi sayısal olarak ifade eden ve bu konuya yönelik değerlendirmeleri içeren bir çalışmaya rastlanılmamaktadır.

Literatürde yer alan bilimsel araştırmalarda, artan kaynaşma derecesi ile birlikte pomza tanelerinde yassılaştırmanın arttığı vurgulanmakta, ancak bu yassılaştırmanın fiziko-mekanik özellikler ile olan ilişkisi detaylı incelenmemektedir. Bunun yanı sıra, ignimbiritlerin kaynaşma derecesini ortaya koymak için kullanılabilecek sınıflamalar da oldukça sınırlı sayıdadır. Bu aşamada kronolojik olarak ignimbiritlerin kaynaşma derecesine ve kaynaşma sırasında meydana gelen yapısal değişimlerle ilgili daha önceden yapılmış bilimsel çalışmalar özetlenecektir.

Braney ve Kokelaar (1992), ignimbiritlerin depolanma özelliklerine bağlı olarak dokusal açıdan düşey ve yatay yönlerde oldukça değişken özellikler gösterebildiğini ve dokunun kaynaşmamış, ötekstik, reomorfik (yönlendirilmiş) ve lav tipinde olabileceğini ifade etmişlerdir. Yazarlar, özellikle yoğun kaynaşmış ignimbiritlerde fiyam (fiamme) yapısının en-boy oranının depolanma karakteri ile de ilgili olduğunu ve her zaman kompaksiyonu işaret etmeyebileceğini vurgulamışlardır. Bununla birlikte ignimbiritlerdeki dokusal yapının taşınım rejiminden çok depolanma rejimini yansıttığını belirten araştırmacılar, taneli ve taneli olmayan yönlendirmelerin depolanma sınırlarını işaret ettiğini söylemişlerdir.

Moon (1993), ignimbiritlerdeki mikroyapının jeomekanik davranış üzerindeki etkisini incelediği çalışmada basınç dayanımının ve suda dağılmaya karşı duraylılığın camsı malzemenin hamur içindeki dağılım sıklığına ve yine camsı malzemelerin temas noktalarındaki kaynaşma miktarına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Öte yandan, kristal ve tane boyutunun basınç dayanımı üzerindeki ikincil bir etkisi olduğu belirtilmekte, çekme dayanımının ise ignimbiritlerdeki cam kıymıklarının yönelimi ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Moon (1993) tarafından gerçekleştirilen bu bilimsel çalışma, ignimbiritlerdeki mekanik davranış ile mikroyapı üzerindeki ilişkiyi açıklayan ilk araştırmalardan biri olmasına rağmen, söz konusu ilişkiler istatistiksel açıdan tam olarak incelenmemiştir.

Streck ve Grunder (1995) Doğu Oregon'da geniş bir yayılım gösteren 7.05 milyon yıl yaşındaki

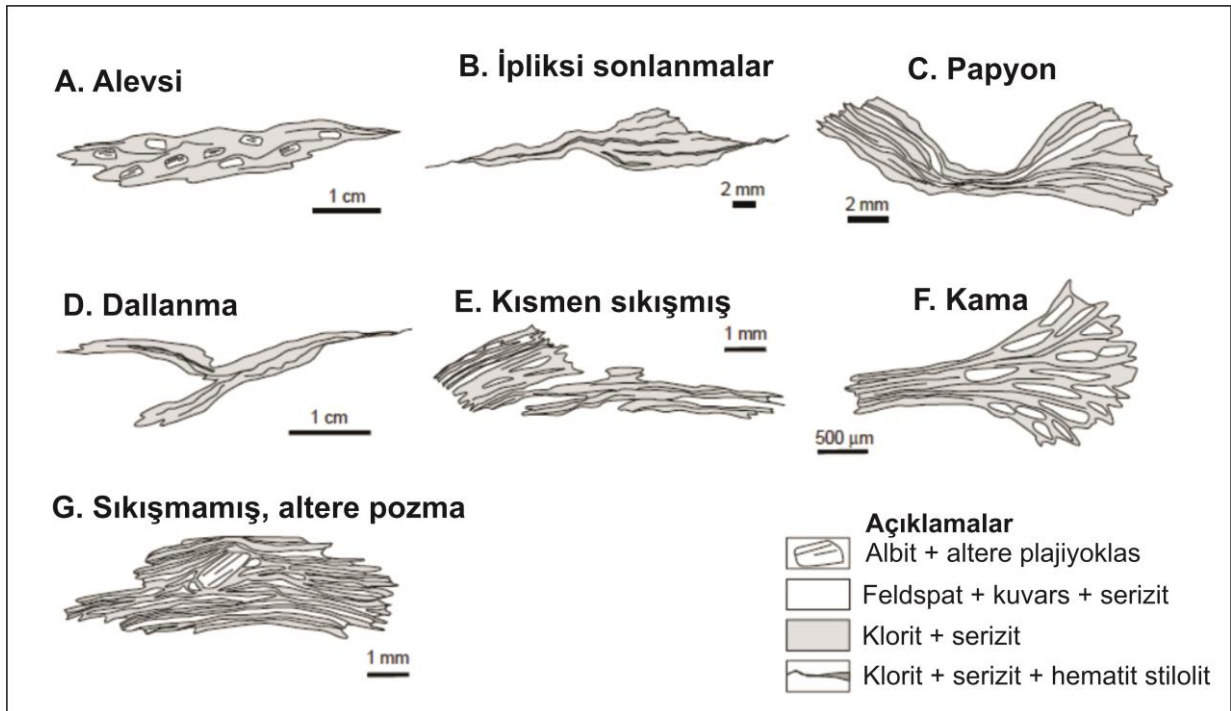
9000 km²'lik bir alan kaplayan Rattlesnake t f ndeki kristallenme ve kaynaşma değişimlerini incelemişlerdir. İncelenen tüflerde dört farklı kaynaşma ve depolanma sonrası kristallenme fasiyesi ayırtlanmıştır. Bunlar; kaynaşmamış, kaynaşmaya başlamış, kısmen kaynaşmış ve yoğun kaynaşmış şeklindeyir. Kaynaşmamış tüflerde pomza taneleri ve volkanik cam kıymıklarında herhangi bir deformasyon yoktur ve taneler arasında bağlayıcı bir kuvvet bulunmamaktadır. Kaynaşmaya başlamış tüflerin de litik malzemelerinde herhangi bir yönlenme veya deformasyon olmamasına rağmen, cam kıymıkları arasında bir miktar bağlayıcılık söz konusudur. Kısmen kaynaşmış seviyeler pomzalı ve fiyamlı zonlar olarak bölümlenmiş olup, pomzalı zonlardaki pomza tanelerinde çok az bir deformasyon vardır. Camsı kıymıklarda çok az bir birleşme gözlenir ve el örnekleri çoğunlukla vitriktir. Fiyam içeren kısmen kaynaşmış tüflerde ise pomzalar artık camsı fiyam yapılarına dönüşmüştür, ancak hamur halen gözenekli bir yapı içerir.  teksitik doku hakimdir. Yoğun kaynaşmış tüfler, koyu vitrofirik, obsidyen görünümlü ve gözenek yapısı dunmayan bir görüntü sergilerler.  teksitik doku yoğun kaynaşmayla birlikte kaybolmuştur. Aynı çalışmada yazarlar, farklı kaynaşma derecesine sahip tüflerdeki birim hacim ağrılığındaki değişimi de  izelge halinde sunmuşlardır. Buna göre, kaynaşmamış tüflerde birim ağrılık 1.5 gr/cm³'ten düşükken, yoğun kaynaşmış tüflerde bu değer 2.3 gr/cm³ civarlarındadır.

Freundt ve Schmincke (1995), Gran Canaria'daki bazaltik kaynaşmış ignimbiritlerin jeolojik yapısını inceledikleri çalışmalarında bazaltik ignimbiritleri üç ayrı yapısal birime ayırmışlardır. Buna göre ignimbiritler, kaynaşmış, zayıf konsolide ve karışık fasiyesler olarak ayırtlamışlardır. Aynı çalışmada, ignimbiritlerin kaynaşma dereceleri kaynaşmamış, zayıf kaynaşmış, orta derecede kaynaşmış, fazla kaynaşmış ve yoğun kaynaşmış olarak sınıflandırılmıştır. Artan kaynaşma ile birlikte litik malzeme şeklinin ise orta yuvarlak-ovalden yassıya doğru değiştiği belirtilmiştir.

Mues-Schumacher vd. (2004), İncesu ignimbiritleri üzerinde yaptıkları araştırmada, 2.8 milyon yıl yaşındaki bu ignimbiritlerin Kapadokya bölgesindeki en kaynaşmış ignimbirit türlerinden biri olduğunu ve litik parçaların ve pomza tanelerinin depolanmanın üst seviyelerine doğru arttığını belirtmişlerdir. Kristallerin ve litik malzemelerin kayanın yoğunluğu üzerinde etkili olmadığını ifade eden araştırmacılar, bazı seviyelerdeki yüksek yoğunluğun kaynaşma derecesine bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Öte yandan, İncesu ignimbiritlerinde kaynaşmanın y zeyeye çıkan malzemenin depolanması sırasındaki kompaksiyona bağlı olduğu ve özellikle topoğrafik yükseltelerin gerisinde biriken akmalarda artan örtü yükü kalınlığı ile birlikte kaynaşma derecesinin arttığı söylenmiştir. İncesu ignimbiritleri, masif piroklastik akıntıların ürünüdür ve bu piroklastik akmalardaki sıcaklık, kaynaşma sıcaklığının üzerindedir. Araştırmacılar, İncesu

ignimbiritlerinin çıkış noktası hakkında kesin bir sonuca varmanın zor olduğunu vurgulamışlardır.

Gifkins vd. (2005) ignimbiritlerdeki fiyam yapılarını çalışmışlar ve fiyamların kaynaşmış ignimbiritlerdeki öteksitik yapıyı yansıtan deformasyon yapıları olduğunu vurgulamışlardır. Yazarlar dünyanın farklı bölgelerindeki ignimbiritlerde kaynaşma sırasında oluşan dokuları incelemişlerdir. Araştırmacılar, fiyam yapısının ve öteksitik dokunun sadece kaynaşmış ignimbiritlerde görülmediğini, aynı zamanda kaynaşmamış, pomza açısından zengin piroklastiklerde de bulunabildiğini ifade etmişlerdir. Ancak bu tip piroklastiklerde fiyam yapılarına gelişigüzel yönelmiş ve deforme olmamış yuvarlak pomza taneleri içerdiğini ve yassılaşıma oranının çok düşük olduğunu (düşük yassılaşıma) belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra, Gifkins (2001) tarafından yayınlanan çalışmada, Kershaw pomzalarına ait pomza taneleri ve dokusu Şekil 1.5’de gösterildiği gibi yedi farklı alt grup altında değerlendirilmiştir.

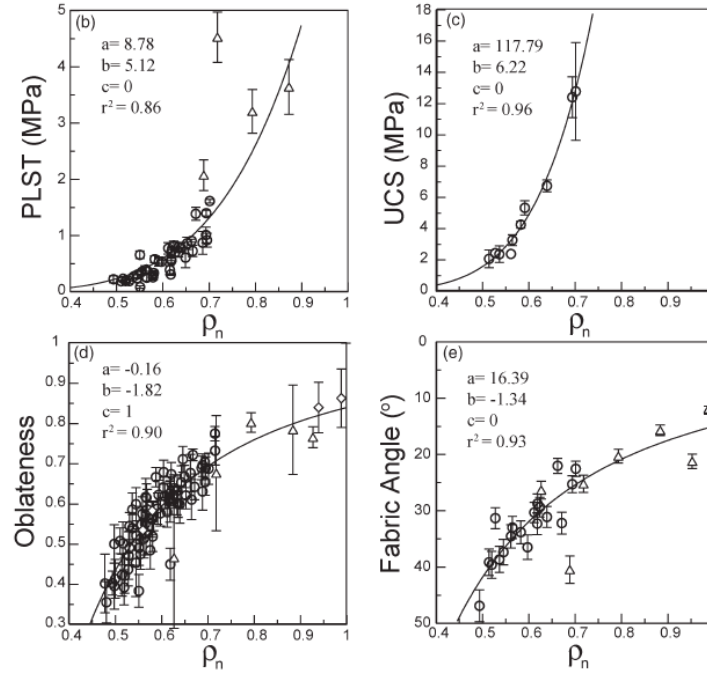


Şekil 1.5 Pomzalı örneklerde pomza tane ve doku şekilleri (Gifkins, 2001)

Fiyam yapılarının çok çeşitli şekillerde (alevsi, dallı, papyon, kama vb.) olabileceğini belirten Gifkins vd. (2005), fiyam yapılarının boylarının 0.5 mm ile 1 m arasında, boy-yükseklik oranının 3:1 – 40:1 aralığında değişebileceğini vurgulamışlardır. Fiyam yapılarındaki içsel dokunun ise porfiritik, masif, lifsi, vesiküler ve sitilolitik olabileceğini ifade etmişlerdir. Fiyam yapıları ve öteksitik dokuların alterasyonun, çözünmenin ve soğuk pomza tanelerinin diyajenez sırasındaki kompaksiyonunun bir ürünü olabileceğini vurgulamışlardır.

Quane ve Russell (2005), ignimbiritlerdeki kaynaşma derecesinin ortaya konmasına yönelik olarak gerçekleştirdikleri çalışmada, ignimbirit gibi piroklastik birimlerin kaynaşması sırasında sıkışma etkisi yaratan örtü yüküne ve cama geçiş sıcaklığının üstündeki sıcaklıklara bağlı olarak camsı tanelerin yassılaştığını belirtmişlerdir. İlerleyen kaynaşma ile birlikte kayacın petrografik ve fiziksel özelliklerinde değişimler olduğunu ifade eden araştırmacılar, petrografik olarak doku farklılaşmalarını (pomza tanelerinin yassılaşması ve mikro-dokudaki yönelme gibi) incelenmişler ve fiziksel parametrelerdeki değişimleri saptamışlardır. Yazarların önerdiği sınıflama ignimbiritler için 6 farklı kaynaşma sınıfı önermekte olup, bu sınıflar sıkılaşmamıştan, obsidyen tipi vitrofirik dokuya kadar değişmektedir. Aynı çalışmada, ignimbiritlerdeki makroskopik olarak gözlenebilen camsı litik malzemedeki yassılaşma miktarı, basıklık oranı (OR) parametresi ile belirlenmiştir. Buna göre düşük kaynaşma derecesine sahip olan ignimbiritlerde yassılaşma oranı 0.4 civarındayken, sıkılaşmanın artması ve ignimbiritlerin vitrofirik bir doku kazanmasıyla bu değer 0.987'ye kadar yükselebilmektedir. Belirtilen çalışmada, ignimbiritlerdeki yassılaşma oranı ile birim hacim ağırlık arasındaki ilişki incelendiğinde 0.90 gibi yüksek bir belirleme katsayısı elde edilmiştir (Şekil 1.6). Araştırma kapsamında kaynaşma sırasında oluşan tane şekli ile bazı fiziksel özellikler arasındaki ilişkiler incelenirse de, bu ilişkiler sonucunda sayısal bir kaynaşma sınıflaması geliştirilmemiştir.

Araştırmacılar, ignimbiritlerdeki kaynaşmayı I-VI arasında değişen 6 gruba ayırmışlardır. I nolu gruptaki ignimbiritler herhangi bir kaynaşma özelliği sunmazken, VI numaralı kaynaşma derecesinde obsidyene benzer şekilde vitrofirik doku hakimdir. Quane ve Russell (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ignimbiritlerdeki farklı kaynaşma derecelerindeki fiziksel ve mekanik özelliklerin dağılımı Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.6 İgnimbiritlerdeki fiziksel-mekanik özellikler arasındaki ilişkiler ve yassılık oranı ile birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki (d) (Quane ve Russell, 2005)

Çizelge 1.1 İgnimbiritlerdeki farklı kaynaşma derecelerine ait fiziko-mekanik özellikler ve basıklık oranındaki değişimler (Quane ve Russell, 2005)

Rank	ϵ	ρ	ρ_n	ϕ	PLST	UCS	OB	FA
I	<0.31	<1.45	<0.60	>0.42	<0.59	<4.4	<0.58	>33.2
II	0.2–0.39	1.25–1.65	0.49–0.67	0.50–0.34	0.28–1.13	1.8–9.8	0.46–0.67	40.4–28.0
III	0.39–0.47	1.65–1.85	0.67–0.76	0.34–0.25	1.13–2.15	9.8–21.4	0.67–0.74	28.0–23.7
IV	0.47–0.52	1.85–2.15	0.76–0.88	0.25–0.13	2.15–4.6	21.4–53.2	0.74–0.8	23.7–19.5
V	0.52–0.57	2.15–2.3	0.88–0.94	0.13–0.07	4.6–6.4	53.2–80.2	0.8–0.82	19.5–17.8
VI	>0.57	>2.3	>0.94	<0.07	>6.4	>80.2	>0.82	<17.8

Bull ve McPhie (2007), ignimbiritlerdeki fiyam yapılarını inceledikleri çalışmalarında, fiyamların ignimbiritlerdeki yönlenmiş alevsi merccekler olduklarını belirtmişlerdir. Yazarlar literatürde fiyam isminin sadece camsı malzeme için değil, yassılaştırmış tüm pomza tanecikleri için kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Fiyam yapılarının sadece kaynaşma sırasında oluşmadığını söyleyen yazarlar, bu yapıların tektonik bir yönlenmeyi de işaret edebileceğini vurgulamaktadırlar.

Korkanç (2007), Nevşehir yöresine ait Kavak ignimbiritinin yapıtaşı olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Kavak ignimbiriti iyi kaynaşmamış piroklastik olarak belirtilmiş olup, bunların jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile

jeomekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya konmuştur. Bu sonuç, ignimbiritlerde petrografik özellikler ile fiziko-mekanik özelliklerin ilişkilendirilebileceği gerçeğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Araştırmacı, özellikle petrografik incelemeler sonucunda, opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin gözenekliliğinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdikleri belirlemiştir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre de özellikle SiO₂ içeriği düşük olan örneklerin basınç dayanımlarının düşük olduğu tespit edilmiştir.

Koralay vd. (2009), bu proje kapsamındaki örnekleme yerlerinden biri de olacak olan İncesu (Kayseri) ignimbiritlerindeki mercekli fiyam yapılarının kökenini ve petrografik-jeokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Arazi gözlemleri, mineralojik, petrografik özellikler ve bazı ana oksit ve iz element değişimlerine dayanılarak İncesu ignimbiritinde iki tip fiyam tanımlanmıştır. A-tipi fiamlar, sabit bir mineral bileşene sahip değildir. B-tipi fiamlar ise, plajiyoklaz (oligoklaz, andezin), piroksen (ojit) ve opak mineral bileşiminden oluşmaktadır. Yazarlar, A ve B tipi fiamların kalkalkalen karakterde olduğunu belirtmişler, K₂O içeriklerine göre A-tipi fiamlar yüksek K'lu kalkalkalen, B-tipi fiamlar ise orta K'lu kalkalkalen özellik gösterirler. Araştırmacılar, fiamları ayırtlarken şekilsel olarak bir tanımlama yapmamışlar, daha çok jeokimyasal özelliklere yoğunlaşmışlardır.

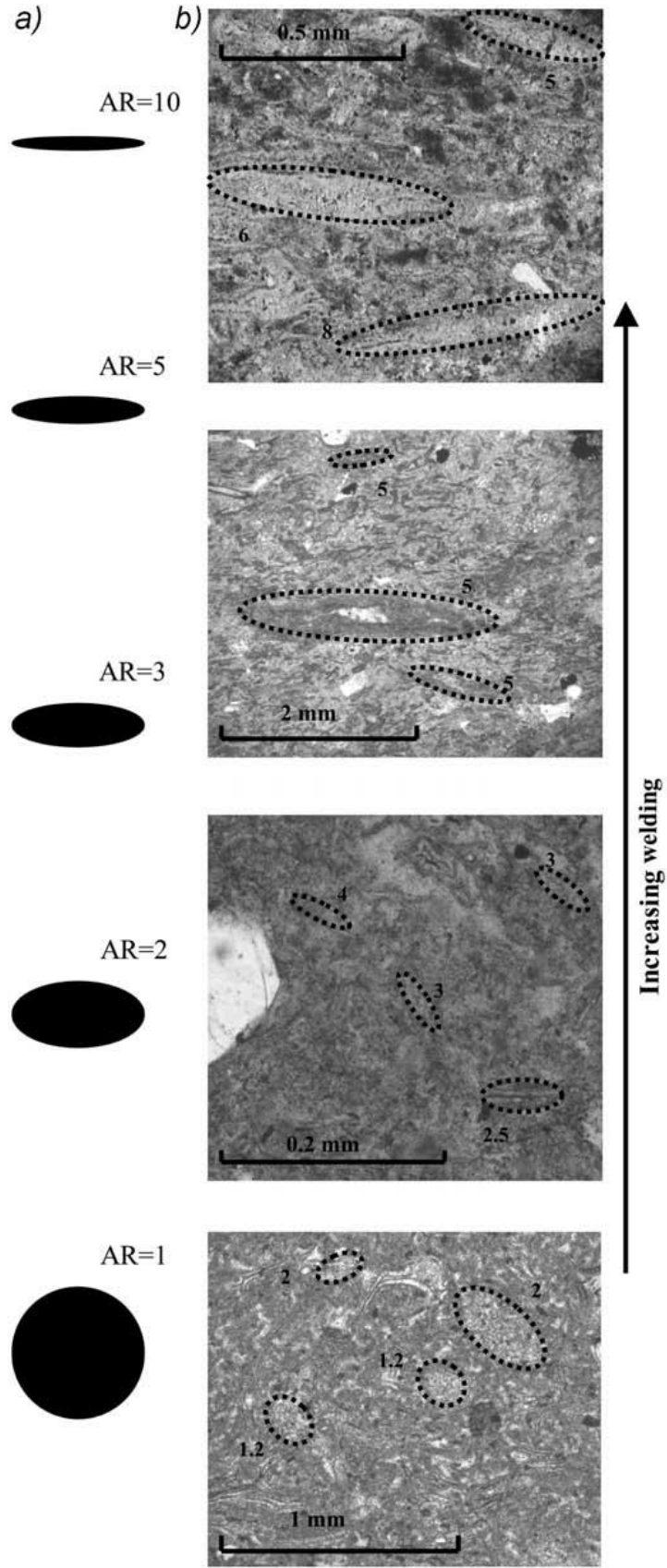
Mundula vd. (2009), ignimbiritlerde gözlenen farklı dokular üzerine gerçekleştirdiği çalışmada, kaynaşmış ignimbiritlerin kaynaşma oranlarının oldukça geniş bir aralıkta dağılım gösterdiğini belirtmekte ve ignimbiritlerdeki depolanma sonrası kristallenmeye dikkati çekmektedir. Araştırmacılar, fiyam yapısının şekil oranına (AR) (Şekil 1.7), volkanik cam kıymıklarının yönelmesine (VC) ve hamur kristallenmesinin şekline (Şekil 1.8) bağlı olarak yeni bir sınıflama önermişlerdir. Şekil oranının (Aspect Ratio-AR) 1'e yaklaşması ile taneler dairesele yakın bir şekil almakta, AR oranının artması ile elips şeklinde bir yapı kazanmaktadır. Çalışmada, bu sınıflamanın kaynaşmış ignimbiritik birimlerin haritalanmasında yararlı olabileceği söylenmiştir (Şekil 1.9). Yazarlar tarafından önerilen sınıflama petrografik gözlemlerle desteklenmesine rağmen, kaynaşma derecesindeki değişimle fiziko-mekanik özellikler arasındaki ilişkiler incelenmemiştir.

Koralay vd. (2011) Bitlis Kalesi'nin üzerinde kurulu olduğu ignimbiritlerin kaynaşma derecesinin jeoteknik özellikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İgnimbiritleri alt, orta ve üst seviye olarak üç bölüme ayıran araştırmacılar, bu seviyelerin mineralojik-kimyasal ve fiziko-

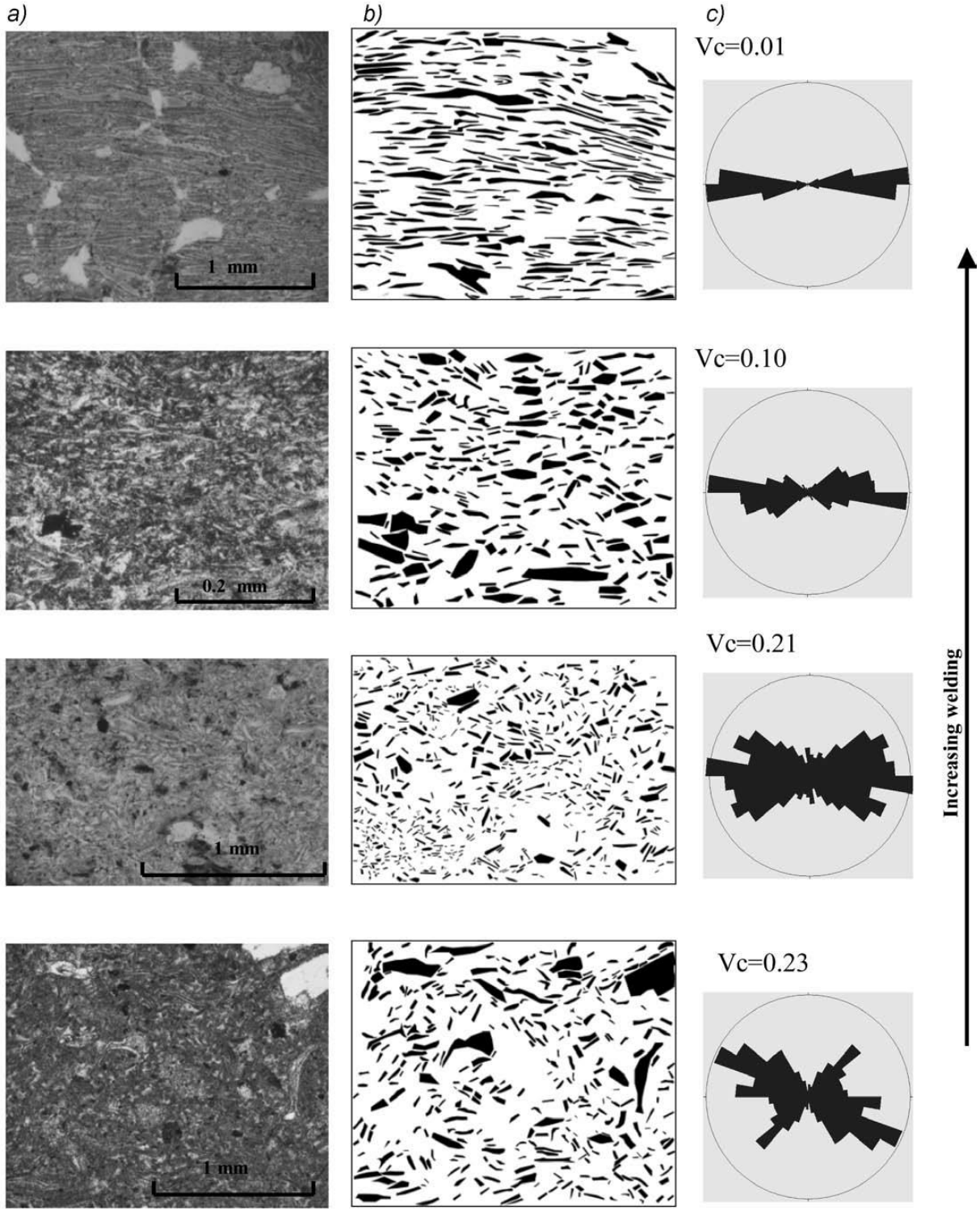
mekanik özelliklerini incelemişler, ayrıca ignimbirit örneklerini donma-çözünme çevrimlerine maruz bırakmışlardır. Yazarlar ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin kaynaşma derecesi ile kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Buna göre, üst seviyeden alt seviyeye doğru artan kaynaşma derecesi birim hacim ağırlık ve dayanımda artışa, gözeneklilikte ise azalmaya neden olmuştur. Öte yandan kaynaşma derecesi yüksek olan ignimbiritler, donma-çözülme çevrimlerine karşı daha fazla dayanım göstermişlerdir. Çalışmada farklı kaynaşma derecesindeki ignimbiritlerin içindeki pomza ve litik malzemenin yassılaşma oranı ile ilgili bilgi de sunulmuştur. Buna göre, yüksek kaynaşma derecesine sahip alt seviyede yassılaşma oranı 0.07-0.20 arasındayken, orta seviyede bu değer 0.11-0.27 arasındadır. Makalede üst seviyedeki litik malzemelerin düşük yassılaşma oranına sahip olduğu vurgulanmış, ancak sayısal bir değer verilmemiştir.

Yıldız vd. (2014), Sevinçli (Aksaray) yöresindeki Alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya ignimbiritlerini inceledikleri çalışmalarında, sözkonusu birimin piroklastik akma ürünü asidik bileşimli kaynaşmış tuf özelliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Petrografik incelemeler sonucunda Kızılkaya ignimbiritlerinin hamurunda bol miktarda cam kıymığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda Kızılkaya ignimbiritlerinin tek eksenli basınç dayanımı 9.81 MPa, eğilme dayanımı 4.06 MPa, don sonrası basınç dayanımı 9.11 MPa, yoğunluk 2.58 gr/cm³ olarak saptanmıştır.

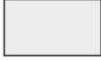
Korkanç ve Solak (2016), yaptıkları bilimsel çalışmada, piroklastik kayaçların petrografik ve jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Kapadokya bölgesinde geniş yayılım gösteren farklı dokusal özelliklere sahip tüflerden taze örnekler almıştır. Petrografik incelemelerle mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için 20 taze numune üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Numunelerin kuru ve doymuş birim ağırlıkları, ağırlıkça su emme, etkin gözeneklilik, kapiler su emme, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, P-dalga hızı, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı ve çivi penetrasyon indeksi belirlendi. Daha yüksek kaynaşma derecesine sahip Kızılkaya tüflerinin daha iyi jeomekanik değerlere sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 1.7 Artan kaynaşma derecesine bağlı olarak ignimbiritlerdeki pomza tanelerindeki şekil oranının (AR) değişimi (Mundula vd., 2009)



Şekil 1.8 Artan kaynaşma derecesine bağlı olarak ignimbritlerdeki cam kıymıklarının yönlenmesindeki (V_c) değişim (Mundula vd., 2009)

fiyam yapısı (AR>5)			61.7
yassılaşıp pomza (3<AR<5)		27.2	
deforme olmamış pomza (AR<3)	11.1		
	Rastgele yönlenme (Vc>0.22)	Hafif yönlenme (0.22>Vc>0.05)	Belirgin yönlenme (Vc<0.05)
	 Yoğun şekilde kaynaşmış	 Kaynaşmamış	
	 Kısmen kaynaşmış	 Gözlenmemekte	

Şekil 1.9 İgnimbiritlerde pomza şekli ve cam kıymıklarının yönlenmesine bağlı kaynaşma sınıflaması (Mundula vd., 2009)

Taze örneklerle hazırlanan ince kesitler üzerinde polarizan mikroskoplu bir nokta sayacı kullanılarak petrografik çalışmalar yapılmış ve mineral bileşimi, doku, boşluk oranı, volkanik cam varlığı ve bu parçaların kaya içindeki durumu, ikincil mineral oluşumu ve opak mineral varlığı belirlenmiştir. İnce kesitler üzerinde nokta sayımı sonrası fenokristal, mikrolit, volkanik cam, boşluk ve opak mineral oranları kullanılarak tane/matris oranı (GMR) hesaplanmıştır. Korelasyon analizleri ile taze numunelerin petrografik ve jeomekanik özellikleri arasında potansiyel bir ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda Kızılkaya tufüne ait örneklerde plajiyoklaz, boşluk oranı ve GMR oranı ve jeomekanik özellikler arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Van Zalinge vd. (2018) gerçekleştirdikleri araştırmada, Kuzey Şili'deki Cardones ignimbiritlerindeki parçalanmış kristalleri incelemişlerdir. Buna göre, ignimbiritlerdeki ikincil kristal parçalanması, kaynaşma ve kompaksiyona iki şekilde katkıda bulunmaktadır. İlk olarak, kristal-kristal temas noktalarında gelişmiş parçalanma, kompaksiyon sırasında asal gerilme eksenini boyunca gerçekleşir. İkinci olarak, ayrı ayrı kristal parçaların dönüşü ve yer değiştirmesi, düşük asal gerilme eksenini yönündeki/yönlerindeki yanal akmayı kolaylaştırır.

Koralay ve Çelik (2019) tarafından Uşak ili çevresindeki kısmen kaynaşmış ignimbiritler üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, Uşak ignimbiritlerinin esas olarak plajiyoklaz (oligoklaz, andezin) ve biyotitten oluştuğu bunun yanı sıra Fe-Ti oksitler (manyetit, hematit) ve düşük miktarda amfibol (kahverengi hornblend) içerdiği saptanmıştır. Söz konusu ignimbiritler hipokristalin ve ötaositik dokuludur. Jeokimyasal veriler, ignimbiritin trakiandezit bileşimi ile

karakterize olduğunu ortaya koymaktadır. Görünür kuru ve kısmen doymuş birim ağırlıkları sırasıyla 10.49 ve 13.90 kN/m³'tür. Etkili gözeneklilik %35.4'tür. Bu nedenle bu ignimbiritler, yüksek su emme kapasitesine ve düşük tek eksenli basınç dayanımına sahiptir. Kuru ve kısmen doymuş tek eksenli basınç dayanımı değerleri sırasıyla 6.89 MPa ve 3.45 MPa olarak belirlenmiştir. Örneklerin boyuna ve kayma dalgası hızları 2.4 ve 1.32 km/s olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar kısmen kaynaşmış Uşak ignimbiritinin yapısının zayıf, çevreye ve kullanım koşullarına duyarlı olduğunu göstermektedir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Piroklastik bir kaya türü olan ignimbiritler oluşum mekanizmalarına bağlı olarak farklı oranda litik malzeme ve pomza içerebilmekte ve oluşum sıcaklıklarına bağlı olarak da değişen kaynaşma derecelerinde olabilmektedir. Bu nedenle ignimbiritlerde fiziko-mekanik özelliklerde değişkenlikler gözlenebilmektedir. Bu araştırma çalışması kapsamında örnek çeşitliliğinin sağlanması amacıyla Türkiye’de özellikle İç Anadolu ve Doğu Anadolu’da yaygın şekilde gözlenen ignimbiritlerden örneklemeler yapılmış ve deneysel çalışmalar bu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Nevşehir, Kayseri ve Ahlat (Bitlis) il sınırları içerisinde yer alan ignimbirit ocaklarından temin edilen ignimbiritlerden hazırlanan örnekler üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda, araziden alınan blok örneklerden elde edilen silindirik örneklerin yanı sıra, taş ocaklarında kestirilen 7x7x7 cm boyutlarında küp örnekler de kullanılmıştır. Öte yandan, veri setinin genişletilmesi amacıyla, bölgede daha önceden yüksek lisans tez çalışmalarına konu olan Nevşehir iline ait bazı ignimbirit örnekleri de çalışmaya dahil edilmiştir. Bu doğrultuda, Bostancı (2016) ve Çadır (2018) tarafından üretilen yüksek lisans tezlerindeki ignimbirit örneklerine ait fiziko-mekanik özellikler de değerlendirmeye alınmıştır.

Buna göre, bu araştırma projesi kapsamında Kayseri yöresinden 6, Nevşehir yöresinden 7 ve Ahlat yöresinden 3 olmak üzere toplam 16 farklı ignimbirit türü değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan ignimbirit örneklerine ait örnek kodları ve örnekleme lokasyonları Çizelge 2.1’de gösterilmektedir. Bu proje raporu içinde sunulacak analiz sonuçlarının yorumlanmasında ve değerlendirilmesinde örneklere ait kodlar esas alınacak ve açıklamalar bu kodlar üzerinden yapılacaktır. Kayseri, Nevşehir ve Ahlat çevresinden temin edilen ve çalışmada kullanılan örneklere ait makro görünüm sırasıyla Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’te verilmektedir.

Proje kapsamında ignimbiritlerin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneyler Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kaya Mekaniği Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Öte yandan, ignimbirit örneklerinin jeokimyasal analizleri ACME Analitik Lab. Hiz. Ltd. Şti. Laboratuvarı’nda (Ankara); oluşum sıcaklığının belirlenmesine yönelik olarak sıvı kapanım analizleri ve EPMA deneyleri de Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2.1 Proje kapsamında kullanılan ignimbiritlerin örnekleme lokasyonları ve örnek kodları

Örnekleme Yeri		Projedeki Örnek Kodu
İl	Lokasyon	
Kayseri	Tomarza	Sh
Kayseri	Tomarza	Kh
Kayseri	Tomarza	Kr
Kayseri	Pınarbaşı	S
Kayseri	Turan	G
Kayseri	Pınarbaşı	B
Nevşehir	Avanos	SB
Nevşehir	Avanos	GK
Nevşehir	Ortahisar	OH
Nevşehir	Kavak	KV
Nevşehir	Demirtaş	DT
Nevşehir	Avanos	BJ
Nevşehir	Başdere	BD
Bitlis	Ahlat	N-1
Bitlis	Ahlat	N-2
Bitlis	Ahlat	N-3-4

2.1.1 Yöntem

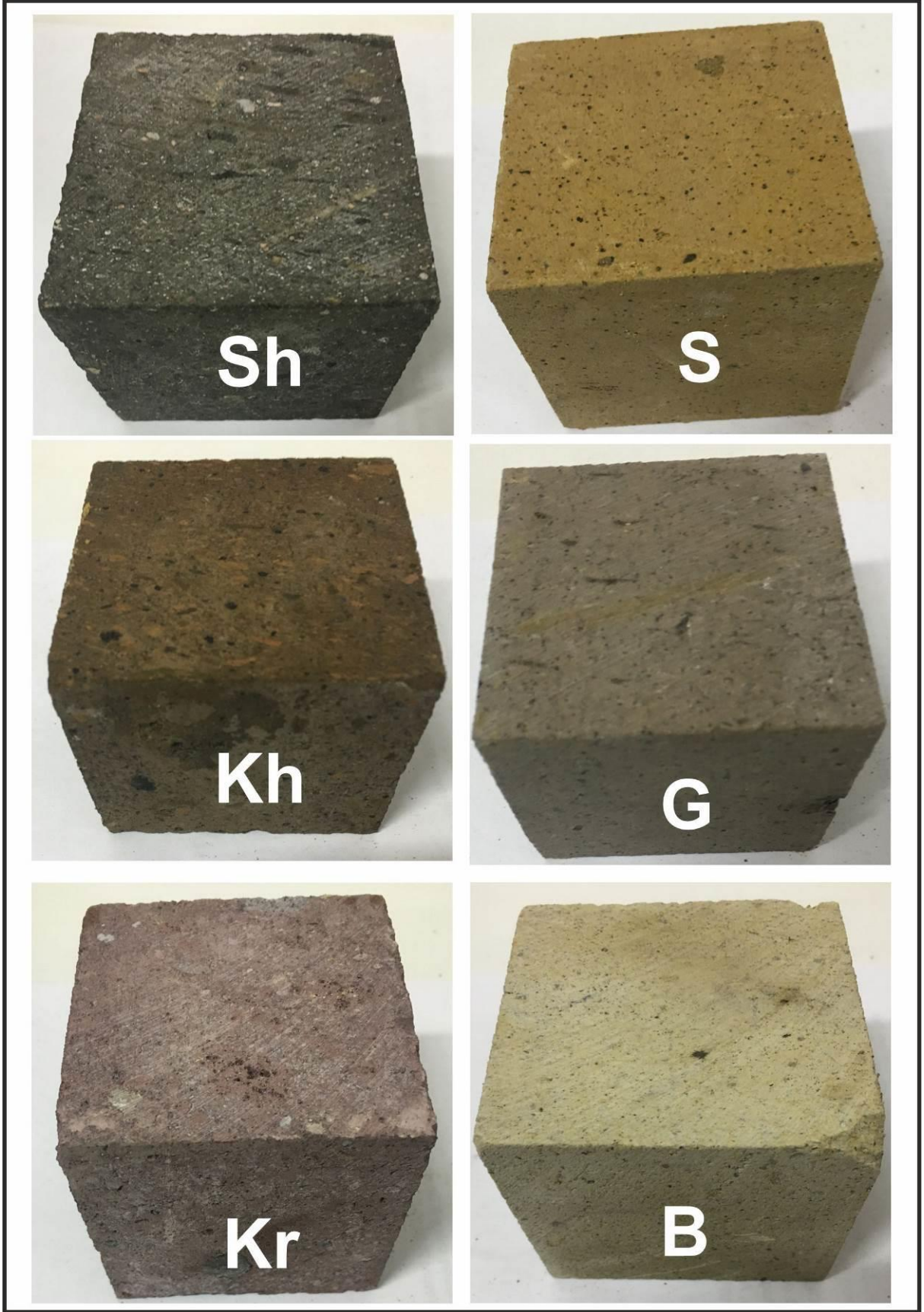
Bu araştırma projesi, literatür taraması, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört farklı aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Literatür Taraması

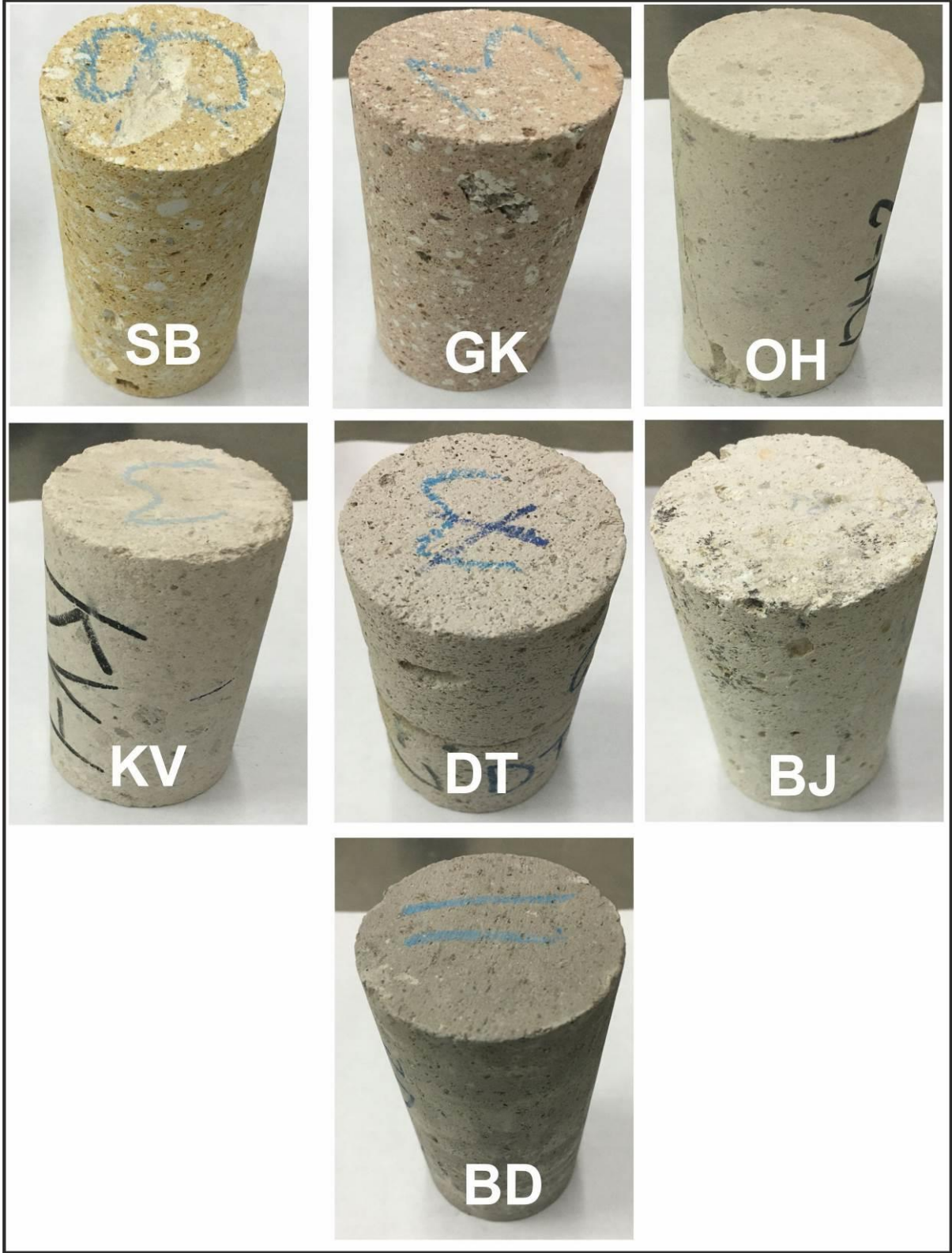
Bu aşamada örnekleme yapılacak lokasyonlarla ilgili jeolojik verilerinin sağlanmasının yanı sıra, ignimbiritler, ignimbiritlerdeki kaynaşma mekanizması ve ignimbiritlerin fiziko-mekanik özellikleri ile ilgili bilimsel makalelere yönelik literatür derlemesi yapılmıştır. Bu kapsamda ignimbiritlerle ilgili olan tezler, makaleler, raporlar ve yayınlar incelenmiştir.

2.2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere blok örnekler alınmıştır. Öte yandan, çalışma kapsamında kullanılan bazı örnekler ise Nevşehir bölgesinde faaliyet gösteren doğal taş üretimi yapan firmalardan temin edilmiştir.



Şekil 2.1 Kayseri çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü



Şekil 2.2 Nevşehir çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü



Şekil 2.3 Ahlat çevresinden elde edilen proje örneklerinin yakın görünümü

2.2.3 Laboratuvar Çalışmaları

2.2.3.1 Fiziko-Mekanik Özelliklerin Belirlenmesine Yönelik Deneyler

Farklı bölgelerden toplanan ignimbirit örnekleri üzerinde indeks, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik kaya mekaniği deneyleri ISRM (1981) ve ISRM (2007)'de belirtilen öneriler doğrultusunda Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bu kapsamda aşağıdaki deneyler gerçekleştirilmiştir.

- Kuru birim hacim ağırlık tayini
- Doygun birim hacim ağırlık tayini
- Kütlece su emme oranı tayini
- Görünür gözeneklilik tayini
- P-dalga hızı tayini (Kuru ve doymuş koşullarda)
- Tek eksenli basınç dayanımı tayini (Kuru ve doymuş koşullarda)

Laboratuvar deneyleri sonucunda 137 adet örneğe ait veri temin edilmiştir. Bazı örneklerle ilgili belirlenemeyen parametre değerleri, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında çalışmaları gerçekleştiren Bostancı (2016) ve Çadır (2018)'e ait çalışmalardan elde edilmiştir.

Kuru ve doymun birim hacim ağırlıklarının belirlenmesinde düzgün şekilli olarak blok örneklerinden hazırlanan küp numuneleri veya silindirik karot örnekleri kullanılmıştır. Söz konusu küp ve karot örneklerinin öncelikle hacim ve kuru ve doymun ağırlık değerleri belirlendikten sonra örneklerin kuru ve doymun koşullardaki birim hacim ağırlıkları ortaya konmuştur. Bunun için, küp ve silindirik olarak hazırlanan numuneler 105 ± 5 °C'ye ayarlanmış etüvde 24 saat bekletildikten sonra kuru ağırlıkları belirlenen numuneler daha sonra 48 saat suda bekletilmiştir. Suya doymun numunelerin ağırlıkları belirlenerek, gözeneklilik ve boşluk oranı değerleri elde edilmiştir. Yine aynı örneklerin kuru ve doymun ağırlıkları belirlendikten sonra ağırlıkça su emme oranları saptanmıştır.

P-dalga hızı ölçümleri laboratuvarı küp ve silindirik şekilli örnekler üzerinde belirlenmiştir. Buna göre, deney örnekleri her iki transdüse uçları arasına yerleştirilerek, P-dalga hızlarının örneği bir uçtan diğeri uca geçmesi için gerekli net süreler belirlenmiş ve bulunan bu değerler ve örnek uzunlukları (P-dalgasının iletildiği yüzeyler arası) kullanılarak P-dalga hızları hesaplanmıştır (Şekil 2.4).

Tek eksenli basınç deneyleri kapasitesi 1250 kN olan kaya presi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 7x7x7 cm boyutlarında olan küp numuneler ve çap/boy oranı 1/2 olan silindirik karot örnekler kullanılmıştır (Şekil 2.5). Yükleme hızı olarak 0.4 kN/sn seçilmiş olup, numuneler 1-5 dakika arasında yenilmiştir.



Şekil 2.4 Laboratuvarı gerçekleştirilen P-dalga hızı ölçümlerinden bir görünüm



Şekil 2.5 Laboratuvarında gerçekleştirilen tek eksenli basınç deneyinden bir görünüm

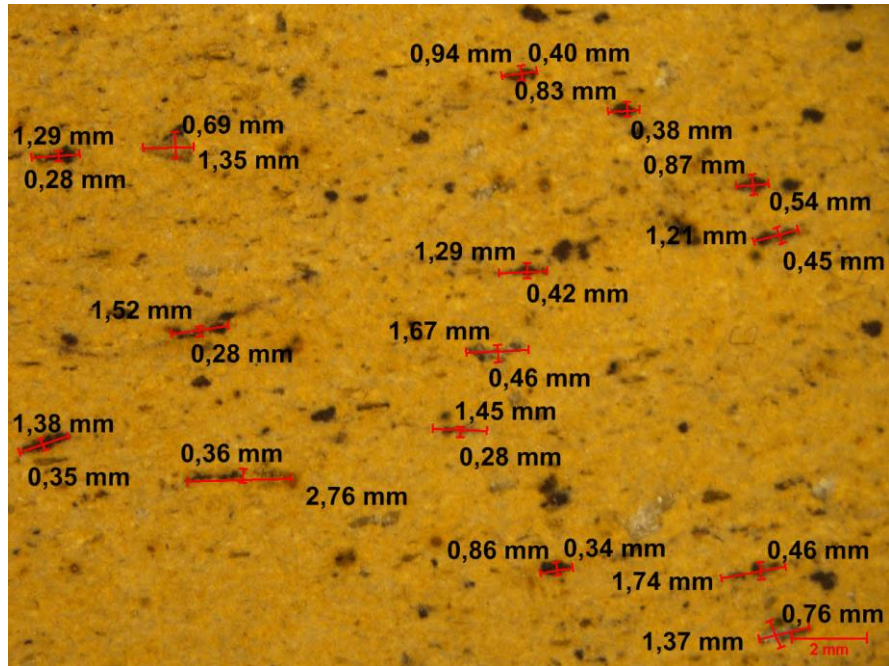
2.2.3.2 Pomza ve Litik Malzeme Boyutlarının Belirlenmesi

Bu araştırma projesinin en önemli amacı ignimbiritlerdeki litik malzeme-pomza şekli ile fiziko-mekanik parametreler arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu amaçla ülkemizin farklı illerinden elde edilen ignimbirit örneklerindeki pomza ve diğer litik malzemelerin makro ölçekteki şekil faktörleri mikroskop ortamında üstten aydınlatma ile yapılan ölçümler sonucunda belirlenmiştir (Şekil 2.6). Bu amaçla mikroskop görüntüleri NIS ELEMENTS (NIKON) yazılımına aktarılmış ve bu yazılım yardımıyla ignimbirit örneklerinin yüzeylerinden gözlenen pomza ve litik malzeme parçalarının uzun (a) ve kısa (b) eksen uzunlukları örneğin iki farklı yüzeyi üzerinde ölçülmüştür (Şekil 2.7 ve Şekil 2.8).

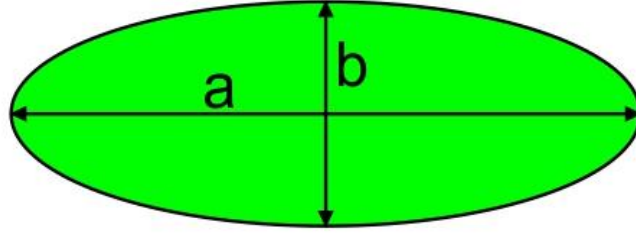
İgnimbiritlerin bileşiminde yer alan makro ölçekteki pomza ve diğer kayaçların tanelerinden oluşan litik malzemenin sahip olduğu şekilsel özellikler oluşum süreçleri ile ilgili bazı koşulları yansıtabilmektedir. İgnimbiritlerin oluşumları esnasında maruz kaldıkları yüksek örtü yükü basıncına ve sıcaklığa bağlı olarak özellikle pomza gibi zayıf karakterdeki bileşenlerde yassılaşma ve uzama yapıları (fiyam) gözlenmektedir. Bu yapılar piroklastik kayaçlarda dayanımı kontrol eden kaynaşma derecesinin en önemli göstergelerindendir. Bu yapıların gözlendiği piroklastik kayaçlar yüksek dayanıma ve düşük boşluk oranı ve gözenekliliğe sahiptir.



Şekil 2.6 İğnimbiritlerdeki pomza ve litik tanelerin mikroskop altında üstten aydınlatma ile incelenmesi



Şekil 2.7 İğnimbiritlerdeki pomza ve litik tanelerin eksen boyutlarının yazılım üzerinde ölçümü



Şekil 2.8 Şekil parametrelerinin belirlenmesi amacıyla pomza ve litik tanelerde uzun (a) ve kısa (b) eksen uzunlukları

Bu araştırma projesi kapsamında, ignimbiritlerin düz yüzeyleri üzerinden pomzaların ve diğer litik tanelerin şekil faktörlerini belirlemek amacıyla uzun (a) ve kısa eksen (b) uzunlukları NIS ELEMENTS yazılımı ile mikroskop altında ölçülerek en-boy oranı (b/a), eksenel oran (a/b) ve basıklık oranı (OR) ($1-b/a$) değerleri belirlenmiştir. En-boy oranı 0 ile 1 arasında, eksenel oran 1 ile sonsuz arasında değişmektedir. Benzer şekilde basıklık oranı da 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir.

Eksenel oranda, (a/b) değeri yükseldikçe incelenen tanelerin şekli yassılaşırmaktayken, a/b değeri 1'e yaklaştıkça tane yuvarlağa yakın bir şekil almaktadır. En-boy (b/a) şekil faktöründe ise sıfıra yaklaşan değerlerde incelenen pomza ve litik tanelerin şekilleri daha yassı bir yapıya sahipken, b/a değeri 1'e yaklaştıkça bileşenler daha yuvarlak bir yapı sergilemektedir. Basıklık oranı (OR) şekil parametresinde (Quane ve Russell, 2005) ise b/a faktörünün tersi olarak 1'e yaklaşan değerler basıklık oranı fazla olan taneleri temsil ederken, OR değeri sıfıra yaklaştıkça taneler daha yuvarlak bir yapı kazanmaktadır. Bu araştırma kapsamında incelenen tüm örneklerdeki pomza ve litik tanelerin şekil parametreleri belirlenmiş ve o örneğe ait fiziko-mekanik parametrelerle istatistiksel karşılaştırmalar yapılmıştır. Buna göre, Kayseri bölgesinden alınan 6 farklı ignimbirit türünden (Sh-Kh-Kr-S-G-B) toplam 998, Nevşehir yöresine ait 7 farklı ignimbirit örneğinden (SB-GK-OH-KV-DT-BJ-BD) 762, Ahlat bölgesinden toplanan 3 farklı ignimbirit türünden (N1-N2-N3/4) ise toplam 235 adet şekil parametresi değeri elde edilmiştir. Örnekler üzerindeki pomza ve litik tane eksen ölçümleri, mikroskop altına üstten aydınlatma ile yerleştirilen ignimbirit yüzeylerinde (her örnekte 2 farklı yüzey), NIS ELEMENTS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.3 İgnimbiritlerin Kimyasal Bileşiminin ve Oluşum Sıcaklığının Tespitine Yönelik Analizler

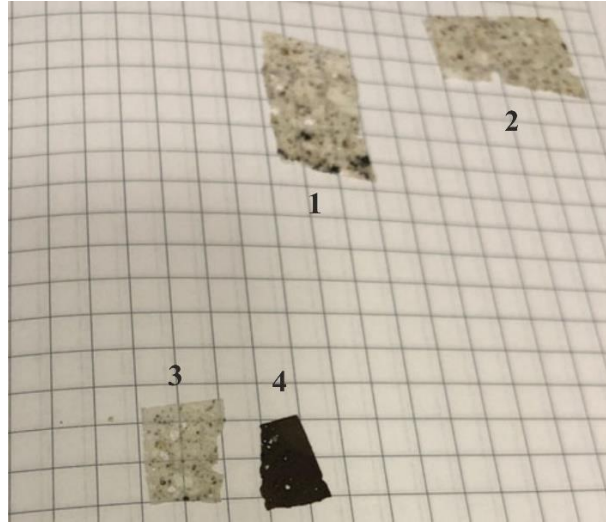
Kayseri, Nevşehir ve Bitlis illerine ait toplam 28 adet ignimbiritin tüm kayaç jeokimya analizleri ACME (Kanada) analitik laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 30 gr taze örnek alterasyon kısımları temizlenerek analize hazır hale getirilmiştir. Volkanik kayaçların sınıflandırılması için kullanılan majör oksit element analizleri ICP-ES (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Majör oksit elementlerin doğruluk payı % 0.001 – 0.04 arasında değişmektedir.

Toplam 6 adet volkanik kayaç içerisindeki kristal bileşenlerinde bazı minerallerin (feldispat, biyotit, amfibol ve piroksen) kimyasal kompozisyonlarını belirlemeye yönelik Elektron Prob Mikroanaliz (EPMA) çalışmaları Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. JXA-8230 model EPMA cihazının kalitatif ve tam kantitatif analiz yapabilme yeteneği mevcuttur (Şekil 2.9). Cihaz, B(5)-U(92) element ölçüm aralığında, 6nm çözünürlüğe ve 40X – 300.000X büyütme özelliğine sahiptir. Analizler tek tarafı parlatılmış ve üzeri karbon kaplanmış ince kesitler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Vakumlama işleminden sonra cihaz kalibre edilerek çalışma koşullarına getirilmiştir. Ölçümler 15 kV ivmelendirici geriliminde, 20 nA akımda ve 5 µm çap genişliğinde yapılmıştır. Elemental analizler için standart olarak; Si ve Ca için wollastonit, Na için albit, K için ortoklaz, Al için Al_2O_3 , Mg için MgO, Mn için MnO, Ti için TiO_2 ve Cr için Cr_2O_3 kullanılmıştır.



Şekil 2.9 Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan EPMA cihazının görüntüsü

İgnimbiritlerde kristalizasyon sıcaklığını belirlemek için 4 adet örnek üzerinde kuvars mineralinde sıvı kapanım analizleri gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanım çalışmaları Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Sıvı Kapanım Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. 2x3x1 boyutlarında hazırlanmış örnekler 200 mikron kalınlığında iki tarafı parlatılarak analize uygun hale getirilmiştir (Şekil 2.10). Sıvı kapanım analizi Leica DM 2500M model mikroskoba bağlantılı Linkam MDSG 600 (motorize) ısıtma ve soğutma sistemi kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.11). Linkam tablasının sıcaklık aralıkları -196°C ila 600°C arasında değişmektedir. Sıvı kapanım jeotermometresinde H₂O homojenleşme sıcaklığı (ThH₂O) için doğruluk payı $\pm 4.0^{\circ}\text{C}$ 'dir.



Şekil 2.10 İgnimbiritlerin sıvı kapanım analizleri için hazırlanmış iki tarafı parlatılmış kesitlerin görüntüleri



Şekil 2.11 Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yer alan sıvı kapanım cihazının görüntüsü

Sıvı kapanım analizlerinden önce hazırlanan kesitlerde petrografik analizler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanım tipleri, Roedder (1984) tarafından belirtilen ölçütlere göre yapılmıştır. Kuvars minerallerinde sadece birincil likit+vapor (L+V) fazları içeren sıvı kapanımlar belirlenmiştir. Ölçümler bu kapanımlar üzerinde yürütülmüştür (Şekil 2.12). Ölçüm esnasında sıcaklık artışı ($>250^{\circ}\text{C}$) ile birlikte sıvı kapanım ve ince kesit görüntülerinin kararma gözlenmesinden (Şekil 2.10'da 4 nolu örnek) dolayı sağlıklı homojenleşme sıcaklıkları tespit edilememiştir.



Şekil 2.12 Oda sıcaklığında kuvars mineralinde birincil L+V fazlarını içeren sıvı kapanımların mikroskopik görüntüsü (L: likit, V: vapor)

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 İgnimbiritlerin Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Kayseri (Tomarza, Pınarbaşı ve Turan), Nevşehir (Kavak, Damsa ve Kızılıkaya) ve Bitlis (Ahlat) bölgelerine ait ignimbiritlerin mineralojik ve petrografik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bölgesel olarak ignimbiritler bileşen (fenokristal, litik ve pomza parçaları ve volkan camı) ve bu bileşenlerin bollukları bakımından farklılar sunar. İgnimbiritlerin tamamı hipohiyalin porfirik dokuya sahiptir. Cam bileşeni olarak volkanik cam kıymıkları (shard) ve/veya pomza parçaları içerir.

Kayseri bölgesindeki Tomarza ignimbiritleri, Pınarbaşı ve Turan ignimbiritlerine göre tane (fenokristal ve litik) bolluğu daha yüksektir (Şekil 3.1). Bu bölgedeki ignimbiritler fenokristal olarak plajiyoklaz, kuvars, piroksen, sanidin, feldispat ve opak mineralleri içerir. Litik parçalar hipokristalin dokuda olup muhtemel olarak andezit ve bazalt bileşimindedir (Şekil 3.1 b, e). Plajiyoklazlar, yarıözşekilli ve prizmatik kristaller halinde ve genellikle polisentetik ikizlenme sunar (Şekil 3.1). Plajiyoklazlarda magma korozyonu ve elek dokuları gelişmiştir. Benzer şekilde kuvarsların kenarları boyunca magma korozyonu sonucu kemirilmeler gözlenir (Şekil 3.1 a-b). Daha az bolluklardaki piroksenler yüksek girişim renkleri ile ayırt edilir. Pomza taneleri elips ve yuvarlak şekilde gözlenir. Bazı örneklerdeki (Kh) pomzalar yassılaştırmış (fiamme) yapı sunar (Şekil 3.1 c). Bölgedeki ignimbiritlerde iki tür pomzanın varlığı tespit edilmiştir. Bunlar fenokristal içeren (Sh, Kh) ve içermeyen (B) pomzalıdır (Şekil 3.1 b-c ve h). Fenokristal içeren pomzalar plajiyoklaz, piroksen ve opak mineralleri barındırır. Matriksi ise krisptokristalen kuvarsdır. Bazı örneklerde geniş yüzeyli V-Y şekilli volkanik cam kıymıkları (shard) içerir (Şekil 3.1 f-i). Volkanik cam kıymıkları fenokristal, litik ve pomza parçalarının etrafını sarmış şekilde bulunur. Bazı örneklerde (Sh, S ve B), volkanik cam kıymıkları içerisinde taneler yönelim sunar ve tipik ötakstitik dokular gelişmiştir (Şekil 3.1). Schmid (1981) sınıflamasına göre, Kayseri Bölgesindeki kayalardan Sh, Kh, S, B ve G örnekleri “vitrik tuf” Kr örneği ise “litik tuf” olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.1).

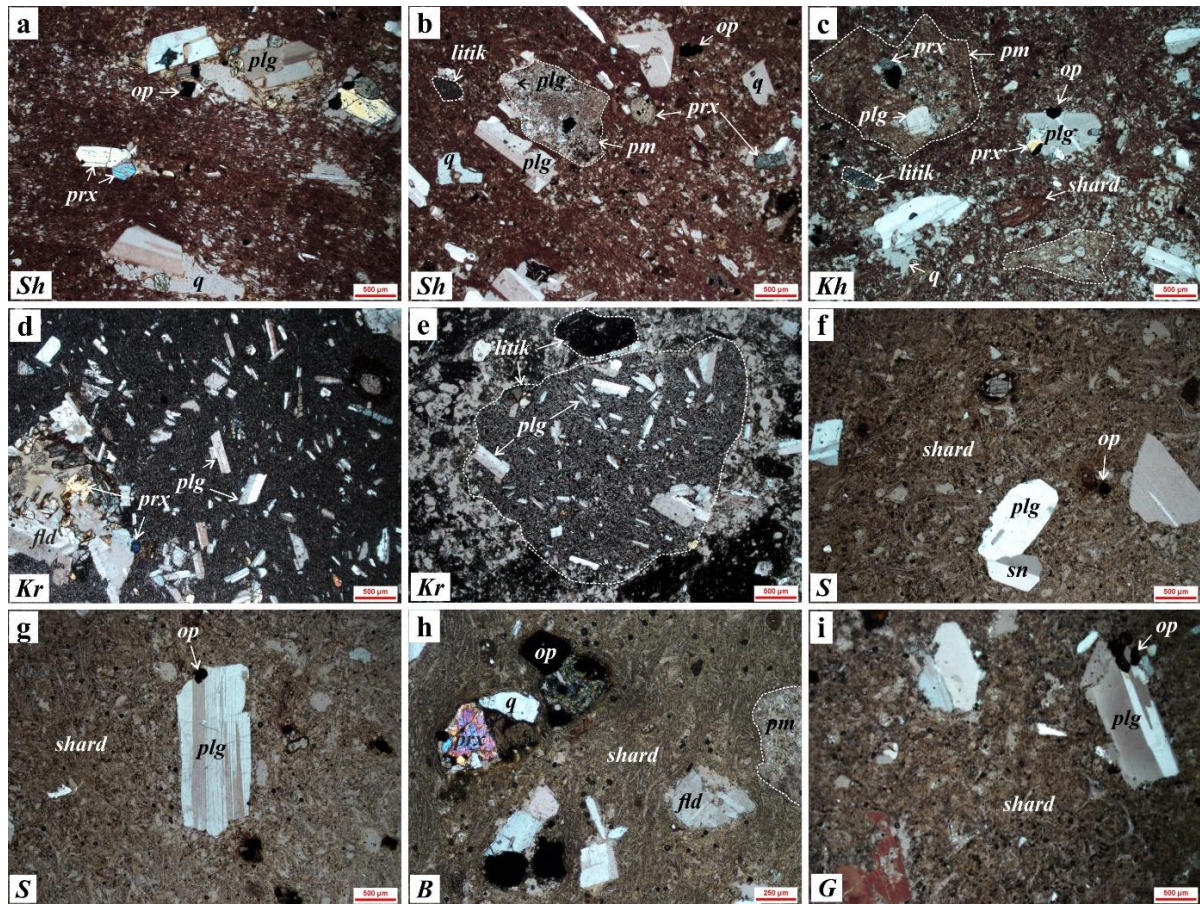
Nevşehir Bölgesindeki Kavak ignimbiritlerinde (SB, G, BJ ve OH örnekleri) pomza bolluğu Damsa ve Kızılıkaya ignimbiritlerine göre oldukça yüksektir (Çizelge 3.1 ve Şekil 3.2. a-d). Bölgedeki ignimbiritler, fenokristal olarak plajiyoklaz, kuvars, biyotit, piroksen ve opak mineralleri içerir. Litik parçalar hipokristalin dokuda olup muhtemel olarak bazalt bileşimindedir (Şekil 3.2 e, h). Plajiyoklazlar, genellikle prizmatik kristaller halinde ve polisentetik ikizlenme sunar (Şekil 3.2 f). Plajiyoklaz ve kuvarslarda magma korozyonu

dokuları gelişmiştir (Şekil 3.2. h-i). Biyotitler kahverengi ve ince uzun levhamsı şekli ile karakteristiktir (Şekil 3.2 f-h). Kenarları boyunca opaklaşmalar gözlenir. Pomza taneleri fiamme yapıları sunmaz ve ignimbiritlerde kaynaklaşma gözlenmez. Fenokristal içeren (biyotit, kuvars) içeren pomzaların bulunduğu örneklerde (KV, DT) pomza kenarları belirgin iken fenokristal içermeyen pomzaların yer aldığı örneklerde (SB, GK, BJ, OH) dokanaklar belirsiz ve geçişlidir (Şekil 3.2 e, g ve Şekil 3.2 a-d). Bazı örneklerde (KV, DT, BD) ise geniş yüzeyli V-Y şekilli volkanik cam kıymıkları fenokristal, litik ve pomza parçalarının etrafını sarmış şekildedir (Şekil 3.2 e-i). Ötaksitik dokuların geliştiği Kavak ignimbiritlerinde (KV) volkanik cam kıymıkları içerisinde gaz boşlukları gözlenir (Şekil 3.2 e).

Çizelge 3.1 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin mineralojik ve petrografik özellikleri

Lokasyon		Örnek kodu	İçerik	Açıklama
Kayseri	Tomarza	Sh	Fenokristal (plj, q, prx, fld, op) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%30) < volkanik cam (volkanik cam kıymıkları + pomza). Vitrik tuf. Volkan camı fenokristal, litik ve pomza parçalarının etrafını sarmış şekilde gözlenir. Ötaksitik doku sunar.
		Kh	Fenokristal (plj, q, prx, fld, op) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%30) < volkanik cam (volkanik cam kıymıkları + pomza). Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
		Kr	Fenokristal (plj, prx, fld, op) + litik parçalar + volkanik cam	Tane (~%50) ≥ volkan camı. Litik parça oranı yüksek. Litik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
	Pınarbaşı	S	Fenokristal (plj, sn, op) + litik parçalar + volkanik cam	Tane < volkan camı kıymıkları. Vitrik tuf. Ötaksitik doku gözlenir.
		B	Fenokristal (plj, q, prx, fld, op) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane < volkan camı kıymıkları+pomza. Vitrik tuf. Ötaksitik doku gözlenir.
	Turan	G	Fenokristal (plj, q, prx, op) + volkanik cam	Tane < volkan camı kıymıkları. Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
Nevşehir	Kavak	SB-2, 3	Fenokristal (q, bio, op) + pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%5) < volkanik cam+pomza. Pomza oranı yüksek. Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
		GK-1, 2, 3	Fenokristal (q, bio, op) + pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%5) < volkanik cam+pomza. Pomza oranı yüksek. Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
		BJ-1, 3, 5	Fenokristal (q, plj, bio, op) + pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%5) < volkanik cam+pomza. Pomza oranı yüksek. Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.
		OH-1, 2	Fenokristal (plj, q) + pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%5) < volkanik cam+pomza. Pomza oranı yüksek. Vitrik tuf. Vitrofirik doku gözlenir.

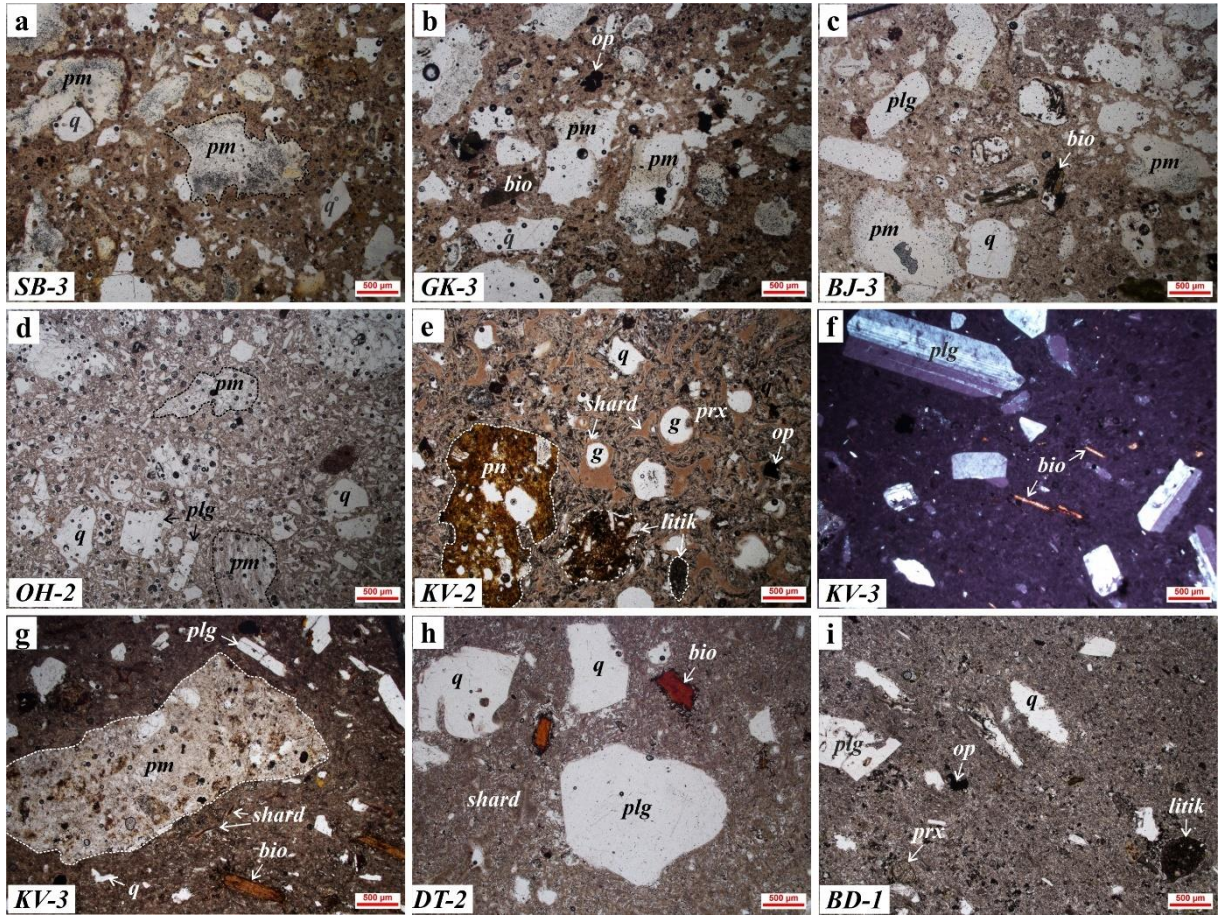
		KV-1, 2, 3	Fenokristal (plj, q, bio) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (fenokristal+litik parça~%15) < volkan camı kıymıkları. Vitrik tuf. Volkanik cam kıymıkları içerisinde gaz boşlukları. Ötaksitik doku gözlenir.
	Damsa	DT-1, 2	Fenokristal (plj, q, bio, prx, fld, op) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%10) < volkan camı kıymıkları+ pomza. Vitrik tuf. Ötaksitik doku gözlenir.
	Kızılkaya	BD-1	Fenokristal (plj, q, bio, op) + litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%5) < volkan camı+pomza. Vitrik tuf. Ötaksitik doku gözlenir.
Bitlis	Ahlat	N1, 2, 3	Fenokristal (plj, sn, q, amf, prx, op) litik ve pomza parçaları + volkanik cam	Tane (~%15) < volkan camı kıymıkları+ pomza . Vitrik tuf. Ötaksitik doku (N1, N2) ve vitrofirik doku (N3) gözlenir.



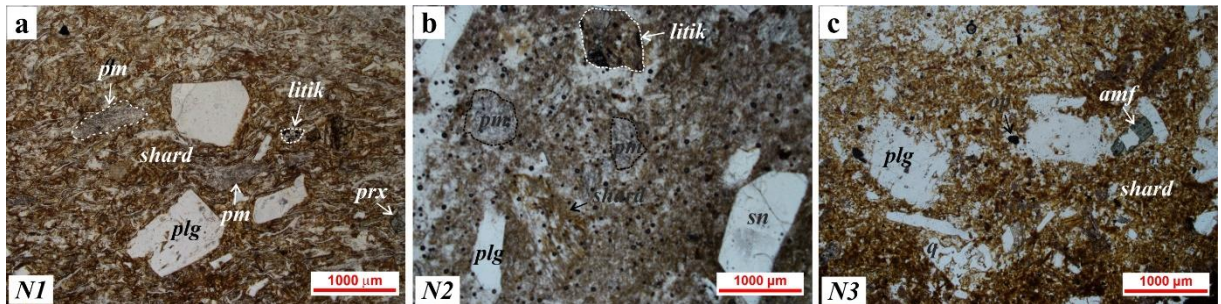
Şekil 3.1 Kayseri Bölgesi Tomarza (Sh, Kh, Kr), Pınarbaşı (S, B) ve Turan (G) ignimbritlerinde; (a-b) Sh nolu örnekte ötaksitik dokunun, (c) Kh nolu örnekte fenokristal ve fenokristal içeren pomza ve litik parçaların (d-e) Kr nolu örnekte fenokristal ve kayaç parçalarının zengin kayacın, (f-g) S nolu örnekte ve (h) B nolu örnekte volkanik cam kıymıklarınınca zengin tipik ötaksitik dokunun, (i) G nolu örnekte volkanik cam kıymıklarınınca zengin vitrofirik dokunun çift nikol mikroskob görüntüleri (fld; feldispat, litik; kayaç parçası, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm; pomza, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, sn; sanidin, q; kuvars)

Schmid (1981) sınıflamasına göre, Nevşehir Bölgesindeki ignimbiritlerin (SB, GK, BJ, OK, KV, DT ve BD) tamamı “vitrik t f” olarak sınıflandırılmıştır ( izelge 3.1).

Bitlis Bölgesindeki Ahlat ignimbiritlerinin (N-1, N-2, N-3-4) tane bolluğu (fenokristal+litik parça) yaklaşık %15 civarındadır. Fenokristal olarak plajiyoklaz, sanidin, kuvars, amfibol, piroksen ve opak mineralleri içerir ( izelge 3.1 ve  ekil 3.3). Litik parçalar muhtemel olarak obdisiyen, trakit bile imindedir. Plajiyoklazlar, genellikle prizmatik kristaller halinde ve genellikle polisentetik ikizlenme sunar ( ekil 3.2 f). Plajiyoklaz ve kuvarslar magma korozyonu dokuları sunar. Volkanik cam olarak volkan camı kıymıkları ve pomza gözlenir. Volkanik cam kıymıklarının fenokristal, litik ve pomza parçalarının tamamen sardığı ve Ötaksitik dokuların geliştiği gözlenir. Pomza taneleri genellikle fiamme yapıları sunar ( ekil 3.3 a). Schmid (1981) sınıflamasına göre, Bitlis Bölgesindeki ignimbiritler “vitrik t f” olarak sınıflandırılmıştır.



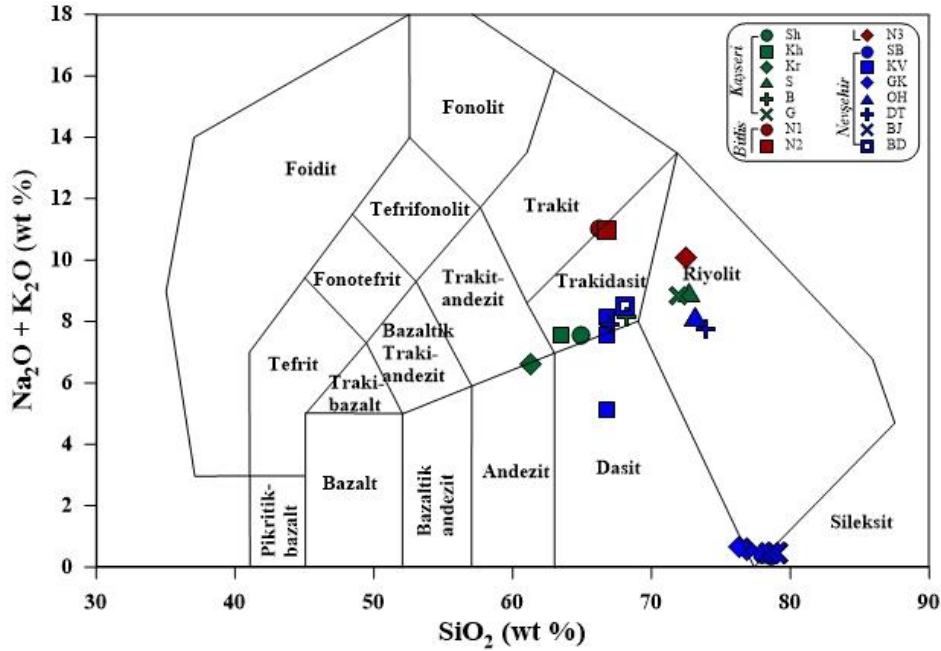
Şekil 3.2 Nevşehir Bölgesi Kavak (SB, GK, BJ, OH, KV), Damsa (DT) ve Kızılıkaya (BD) ignimbiritlerinde; (a) SB, (b) GK-3, (c) BJ-3 ve (d) OH-2 nolu örneklerde pomza parçalarının zengin vitrofirik dokunun, (e) KV-2 nolu örnekte fenokristal, pomza ve litik parçalar ve volkanik cam kıymıkları içerisinde gaz boşluklarının, (f-g) KV-3 nolu örnekte volkanik cam kıymıkları içerisinde fenokristaller ve pomza parçalarının, (h) DT nolu örnekte fenokristal ve cam kıymıklarının, (i) BD-1 nolu örnekte ötakstitik dokunun mikroskobik görüntüleri (bio; biyotit, fld; feldispat, g; gaz boşlukları, litik; kayaç parçası, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm; pomza, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, q; kuvars) (a-e; tek nikol, f; çift nikol)



Şekil 3.3 Bitlis Bölgesi Ahlat ignimbiritlerinde; (a-b) N1 ve N2 nolu örneklerde volkanik cam kıymıkları ve ötakstitik dokunun, (b) N2 nolu ve (c) N3 nolu örneklerde vitrofirik dokunun tek nikol mikroskop görüntüleri (amf; amfibol, litik; kayaç parçaları, op; opak, plg; plajiyoklaz, pm, pomza parçaları, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları, sn; sanidin, q; kuvars)

3.2 İgnimbiritlerin Jeokimyasal Sınıflaması

İgnimbiritlerin jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2’de sunulmuştur. Nevşehir Bölgesi Kavak (SB, GK, BJ, OH, KV) ignimbiritleri dışındaki diğer örneklerin litik parçalar içerdiği mineralojik-petrografik analizlerle belirlenmiştir. Toplam alkaliye ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) karşı SiO_2 diyagramında (Middlemost, 1994), Kayseri Bölgesi ignimbiritleri andezit (Kr), trakidasit (S, Kh ve B) ve riyolit (S ve G) alanlarına düşer (Şekil 3.4). Ahlat (Bitlis) ignimbiritleri trakiandesit (N1 ve N2) ve riyolit (N3) bileşimindedir. Nevşehir Bölgesine ait ignimbiritler ise farklı bileşimler sergilemektedir (Şekil 3.4). Kavak ignimbiriti dasit ve trakidasit (KV) ve riyolit (OH) bileşimindedir. Pomza tanelerince zengin Kavak ignimbiritlerinin çoğunluğu dasit-riyolit-sileksit (SB, Gk ve BJ) alanlarına düşer. Damsa (DT) ve Kızılkaya (BD) örnekleri ise trakidasit ve riyolit bileşimine sahiptir.



Şekil 3.4 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin toplam alkaliye ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) karşı SiO_2 diyagramında sınıflandırılması (Middlemost, 1994)

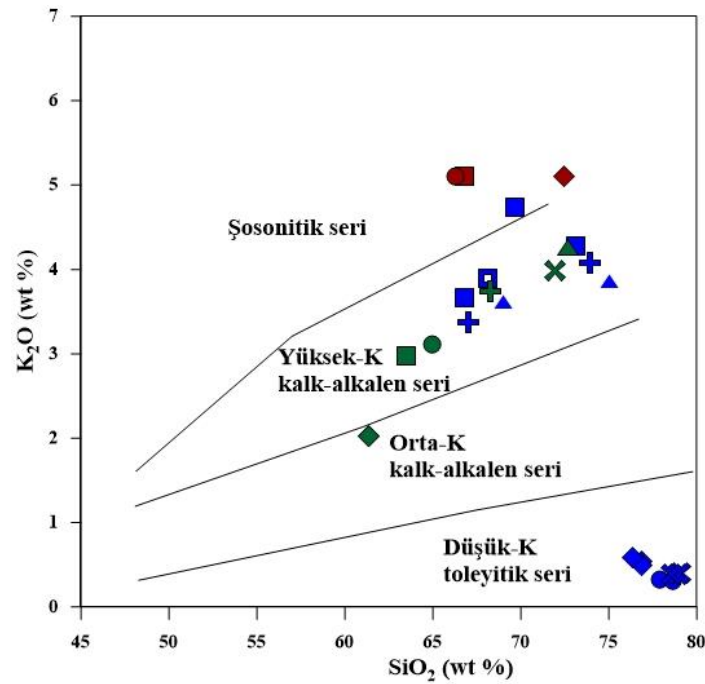
Çalışma alanındaki ignimbiritlerin $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ diyagramında (Rickwood, 1989) farklı alanlara düştüğü gözlenir (Şekil 3.5). Ahlat (Bitlis) ignimbiritleri şošonitik karakter sunarken Tomarza, Pınarbaşı ve Turan (Kayseri) ignimbiritleri orta-K kalk-alkalen ile yüksek-K kalk-alkalen seri arasında bileşim sergilemektedir. Nevşehir Bölgesine ait Kavak (KV, OH), Damsa (DT) ve Kızılkaya (BD) ignimbiritleri yüksek-K kalk-alkalen ile şošonitik seri alanlarına düşerken pomza içeriği oldukça yüksek örnekler (SB, GK, BJ) ise düşük-K toleyitik seri alanına düşer.

Çizelge 3.2 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin jeokimya analiz sonuçları

Lokasyon	Tomarza			Pınarbaşı		Turan		Kavak											
Örnek No	Sh	Kh	Kr	S	B	G	SB-2	SB-3	GK-1	GK-2	GK-3	BJ-1	BJ-3	BJ-5	OH-1	OH-2	KV-1	KV-2	KV-3
Major oksit (%)																			
SiO ₂	64.96	63.52	61.33	72.69	68.25	71.92	77.93	78.64	76.86	76.85	76.32	79.08	78.94	78.54	68.97	75.04	66.81	69.66	73.09
Al ₂ O ₃	15.26	15.5	16.34	14.05	14.3	14.49	13.57	13.51	14.23	14.25	14.16	13.46	13.64	13.88	13.51	11.39	14.12	14.01	13.62
Fe ₂ O ₃	4.23	4.45	6.31	1.73	4.05	2.16	1.26	1.05	1.58	1.56	1.59	0.61	0.7	0.55	1.46	1.04	1.34	2.08	1.79
MgO	1.0	1.17	2.08	0.22	0.58	0.39	0.08	0.08	0.21	0.22	0.22	0.12	0.11	0.12	0.93	0.13	1.2	0.72	0.34
CaO	2.78	3.3	4.84	0.94	1.79	1.31	0.1	0.09	0.13	0.12	0.54	0.09	0.08	0.09	1.29	1.41	1.56	1.42	1.31
Na ₂ O	4.42	4.56	4.56	4.69	4.4	4.87	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	1.22	1.91	1.44	2.81	3.85
K ₂ O	3.11	2.97	2.03	4.26	3.74	3.99	0.32	0.31	0.54	0.50	0.59	0.40	0.38	0.38	3.61	3.86	3.66	4.73	4.28
TiO ₂	0.77	0.81	1.12	0.35	0.54	0.4	0.19	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.15	0.14	0.16	0.29	0.27
P ₂ O ₅	0.16	0.18	0.26	0.04	0.1	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.04	0.07	0.06
MnO	0.08	0.09	0.1	0.04	0.06	0.07	<0.01	<0.01	0.07	0.02	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.05	0.14	0.07	0.07
Cr ₂ O ₃	<0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.01	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
A.Z.	3.0	3.3	0.8	0.8	2.0	0.2	6.3	5.9	5.9	6.1	6.1	5.8	5.8	6	8.6	4.9	9.3	3.9	1.1
Toplam	99.96	99.95	99.94	99.98	99.97	99.98	99.87	99.87	99.82	99.92	99.88	99.86	99.94	99.84	99.83	99.88	99.77	99.76	99.78

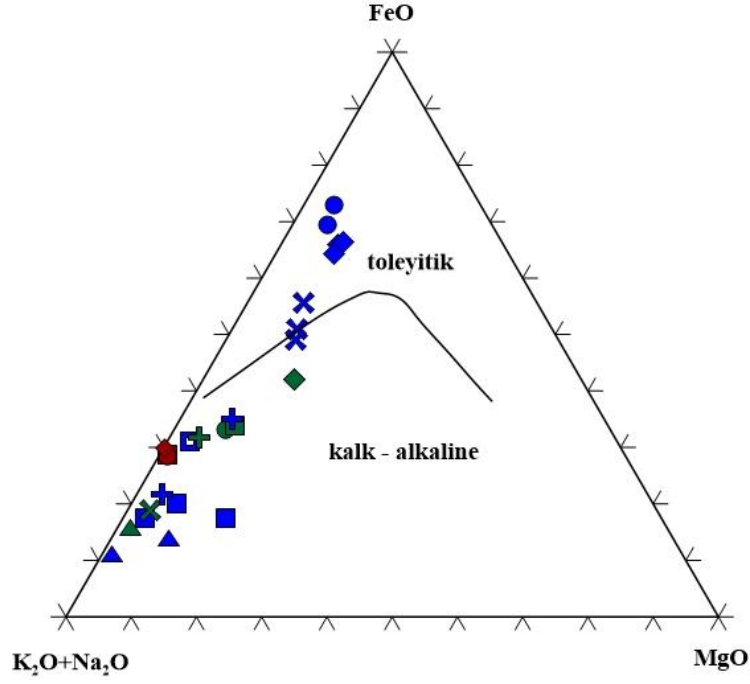
Çizelge 3.2. Devam

Lokas.	Damsa		Kızılkaya		Ahlat	
Ör. No	DT-1	DT-2	BD-1	N-1	N-2	N-3
Major oksit (%)						
SiO ₂	67.00	73.93	68.13	66.25	66.80	72.43
Al ₂ O ₃	14.97	13.31	14.23	16.03	15.53	12.44
Fe ₂ O ₃	4.89	2.26	4.02	4.47	4.49	4.28
MgO	1.11	0.4	0.47	0.21	0.20	0.04
CaO	2.6	1.52	2.35	1.45	1.46	0.45
Na ₂ O	4.55	3.66	4.61	5.90	5.85	4.96
K ₂ O	3.37	4.08	3.9	5.11	5.11	5.10
TiO ₂	0.65	0.24	0.51	0.40	0.38	0.26
P ₂ O ₅	0.15	0.05	0.12	0.06	0.07	0.01
MnO	0.08	0.06	0.05	0.14	0.14	0.11
Cr ₂ O ₃	0.002	<0.002	<0.002			
A.Z.	0.4	0.3	1.4			
Toplam	99.772	99.81	99.79	100.0	100.0	100.0



Şekil 3.5 Çalışma alanındaki ignimbiritlerin K₂O karşı SiO₂ diyagramında sınıflandırılması (Rickwood, 1989)

Çalışma alanındaki pomzaca zengin ignimbiritler dışında bütün örnekler AFM diyagramında (Irvine ve Baragar, 1971) kalk-alkalen alana düşer (Şekil 3.6). Yüksek silika ve düşük K₂O içeriği ile düşük-K toleyitik alan düşen bu örneklerin Na₂O, FeO ve MgO içeriklerinin de yüksek olduğu söylenemez (Çizelge 3.2). Sınıflama diyagramlarına göre, çalışma alanındaki bütün ignimbiritlerin yitim zonu ile ilişkili ve jeokimyasal olarak benzer bir kökenden türeyerek püskürdüğü söylenebilir.



Şekil 3.6 Çalışma alanındaki ignimbritlerin AFM [(K₂O+Na₂O) – FeO – MgO] üçgen diyagramında sınıflandırılması (Irvine ve Baragar, 1971)

3.3 İgnimbritlerde Mineral Kimyası Çalışmaları

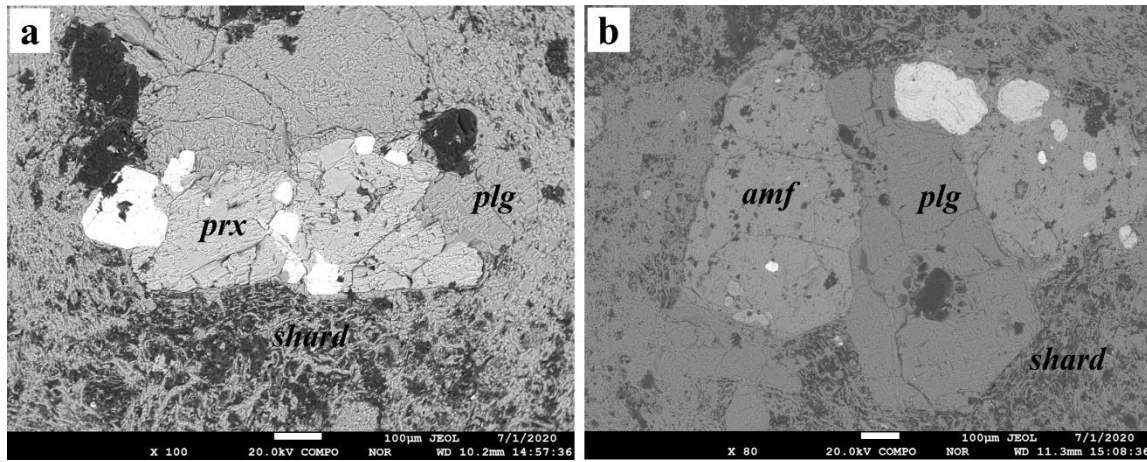
Kayseri, Nevşehir ve Ahlat (Bitlis) bölgelerine ait ignimbritlerin kristalizasyon sıcaklığını (T) tahmin etmek üzere mineral kimyası analizleri (EPMA analizleri) gerçekleştirilmiştir. Sadece, Sh (Tomarza, Kayseri), BJ1 (Kavak, Nevşehir) ve N-3-4 (Ahlat, Bitlis) nolu örneklerde fenokristallerde sınırlı sayıda analiz yapılabilmektedir. Analiz sonuçları ayrı başlıklar altında aşağıda verilmiştir.

3.3.1 Plajiyoklaz Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu

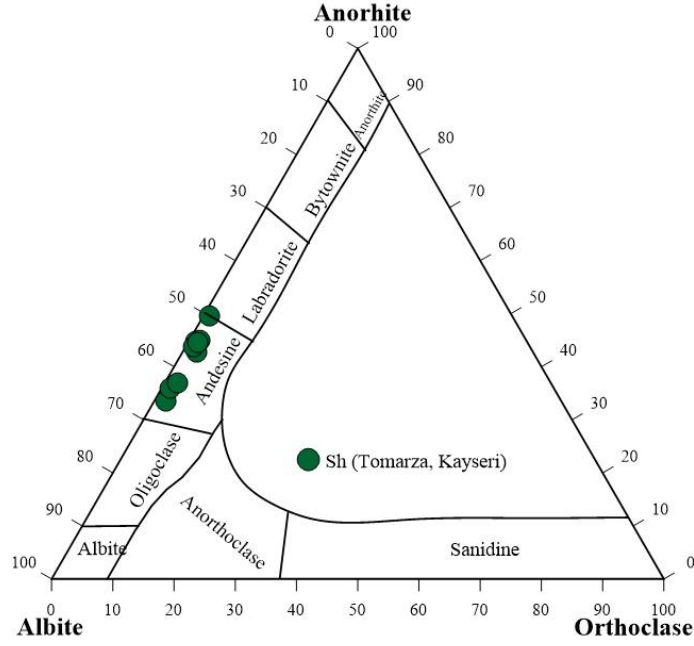
Sh nolu örneğe ait plajiyoklazların mineral kompozisyonları ve hesaplanmış uç bileşenleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Aynı örnekte iki ayrı bölgede toplam 9 noktada analiz gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Plajiyoklazların stokiometrik hesaplaması 8 oksijene göre yapılmıştır. Albit-anortit-ortoklaz diyagramında, plajiyoklazların andezin (Ab54-65) bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.8). Plajiyoklazların kompozisyonları kullanılarak Putirka (2008)'ın önerdiği likit-plajiyoklaz jeotermometresi ile kristalizasyon sıcaklıkları hesaplanmıştır (Çizelge 3.3). Tomarza (Kayseri) ignimbritlerin kristalizasyon sıcaklıkları 940 - 962°C (ort. 952°C) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3 Tomarza ignimbritlerine ait plajiyoklazların elektron mikroprob sonuçları

Örnek No	Sh-1-1	Sh-1-2	Sh-1-3	Sh-1-4	Sh-2-1	Sh-2-2	Sh-2-3	Sh-2-4	Sh-2-5
SiO ₂	46.883	49.742	52.092	49.077	55.831	55.472	53.865	55.431	55.106
TiO ₂	0.063	0.053	0.055	0.049	0.045	0.029	0.038	0.048	0.05
Al ₂ O ₃	34.906	34.143	32.428	34.541	27.249	27.732	29.084	29.664	30.223
FeO	0.545	0.58	0.485	0.555	0.499	0.498	0.481	0.508	0.501
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.036	0.025	0.006	0.00	0.036	0.00
CaO	9.865	9.199	9.218	10.228	7.495	9.259	8.567	7.556	8.614
Na ₂ O	6.992	6.165	6.373	5.638	7.955	6.075	8.26	6.873	5.757
K ₂ O	0.449	0.197	0.236	0.188	0.353	0.32	0.284	0.364	0.272
Toplam	99.70	100.08	100.89	100.31	99.45	99.39	100.58	100.48	100.52
Si	2.160	2.256	2.338	2.226	2.533	2.515	2.435	2.479	2.461
Al	1.895	1.825	1.716	1.847	1.457	1.482	1.550	1.564	1.591
Ti	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002
Fe	0.021	0.022	0.018	0.021	0.019	0.019	0.018	0.019	0.019
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000
Ca	0.487	0.447	0.443	0.497	0.364	0.450	0.415	0.362	0.412
Na	0.625	0.542	0.555	0.496	0.700	0.534	0.724	0.596	0.499
K	0.026	0.011	0.014	0.011	0.020	0.019	0.016	0.021	0.015
Toplam	5.216	5.06	5.086	5.102	5.097	5.019	5.159	5.045	4.999
Or	2.32	1.14	1.34	1.08	1.88	1.85	1.42	2.12	1.67
Ab	54.89	54.18	54.83	49.40	64.52	53.28	62.67	60.89	53.82
An	42.79	44.68	43.83	49.52	33.59	44.87	35.92	36.99	44.50
Putirka (2008) (°C)	955.3	955.1	954.3	961.7	940.3	957.2	942.6	946.2	956.2



Şekil 3.7 Tomarza (Kayseri) ignimbritlerine ait Sh örneğin (a) I ve (b) II nolu bölgelerin SEM görüntüsü (amf; amfibol, plg; plajiyoklaz, prx; piroksen, shard; volkanik cam kıymıkları)



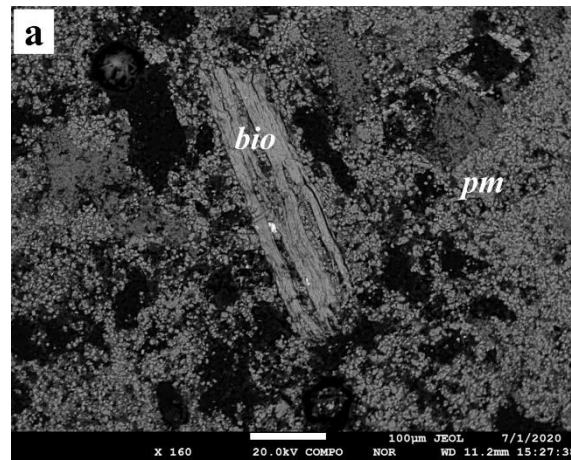
Şekil 3.8 Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerine ait plajiyoklazların Ab-An-Or üçgen diyagramında sınıflandırılması (Deer vd., 1966).

3.3.2 Biotit Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu

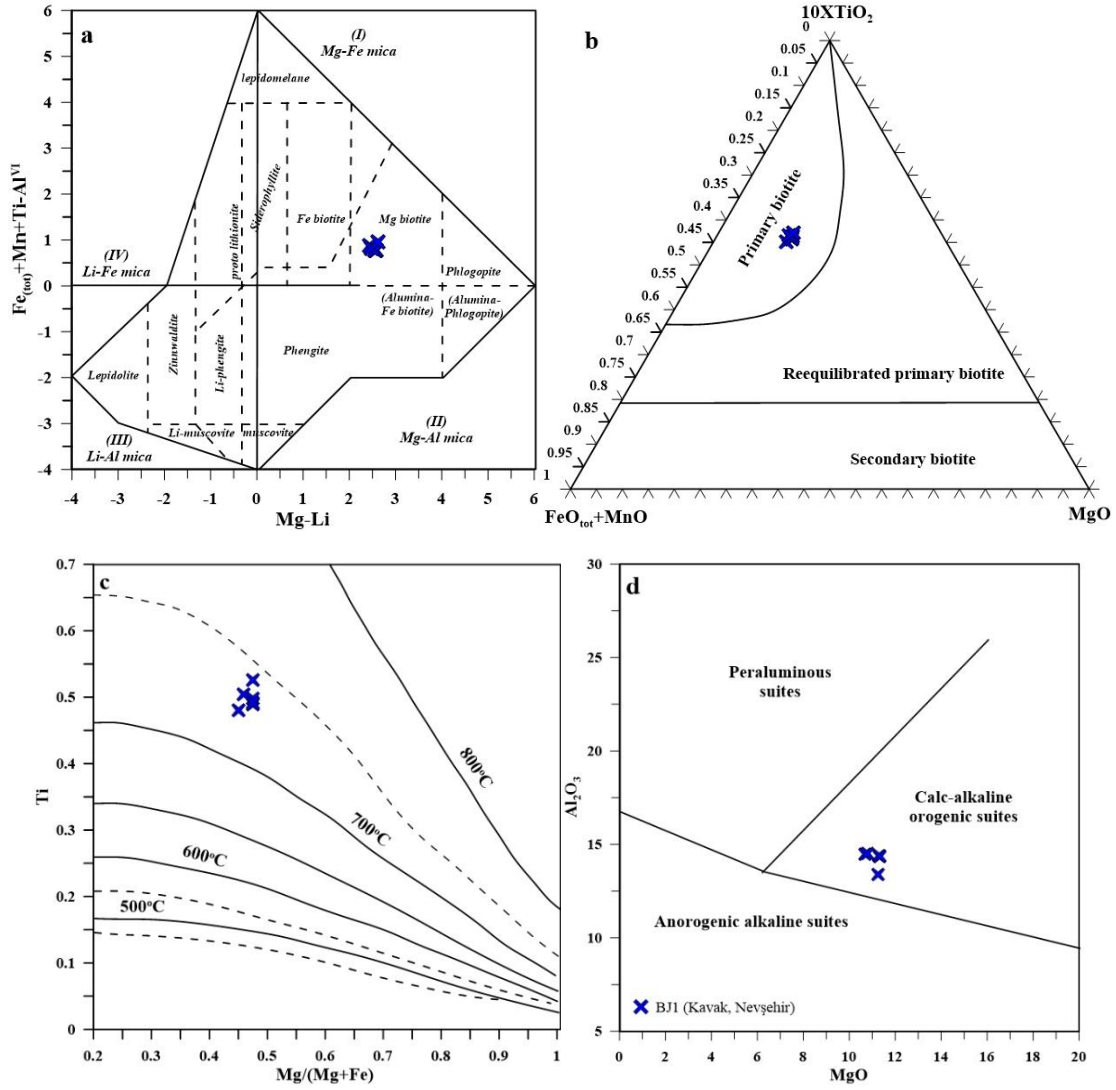
BJ1 nolu örneğe ait ait biyotitlerin mineral kompozisyonları ve hesaplanmış uç bileşenleri Çizelge 3.4'te verilmiştir. Kavak (Nevşehir) ignimbiritine ait bu örnekte sadece bir bölgede toplam 6 noktada analiz yapılabilmektedir (Şekil 3.9). Biotitlerin stokiyometrik hesaplaması için 22 oksijen esas alınmıştır. Tischendorf vd. (1997)'un şematik gösterimine göre, ignimbiritlere ait mikalar $Fe/(Fe+Mg)$ oranları ile (0.52-0.55) biyotit sınıfına girmektedir. $Fetot+Mn+Ti-AlVI$ karşın $Mg-Li$ diyagramında Mg -biyotit alanına düşmekte (Şekil 3.10-a) ve Mg/Fe oranları 0.82-0.91 arasında değişmektedir (Çizelge 3.4). $10xTiO_2-FeO_{tot}+MnO-MgO$ diyagramında birincil biyotit alanında yer almaktadır (Şekil 3.10-b). Kavak ignimbiritlerine ait biyotitler, Luhr vd. (1984) Excel hesaplama programında 961-977°C arasında yüksek sıcaklık değerleri vermesine karşın $Ti-Mg/(Mg+Fe)$ diyagramında 700-750°C eğrileri arasına düşmektedir (Şekil 3.10-c). Biotitler kimyasal bileşimine göre Kavak ignimbiritleri kaynak karakteristiklerini belirlemek için diyagramlarda sınıflandırıldığında tüm kayaç jeokimya karakteristiklerine benzer olduğu ve kalk-alkaline orojenik bölgeye düştüğü gözlenir (Şekil 3.10-d).

Çizelge 3.4 Kavak ignimbiritlerine ait biyotitlerin elektron mikroprob sonuçları

Örnek No	BJ1-1-1	BJ1-1-2	BJ1-1-3	BJ1-1-4	BJ1-1-5
SiO ₂	35.454	35.611	35.413	35.428	35.081
TiO ₂	4.34	4.278	4.179	4.306	4.372
Al ₂ O ₃	14.388	14.354	14.489	14.38	14.534
FeO	22.227	22.285	23.207	22.329	22.635
MnO	0.242	0.247	0.254	0.196	0.217
MgO	11.303	11.337	10.677	11.331	10.797
CaO	0.06	0.09	0.194	0.035	0.029
Na ₂ O	0.222	0.204	0.219	0.231	0.2
K ₂ O	8.595	8.637	8.454	9.398	8.517
	0.069	0.058	0.089	0.049	0.098
Toplam	96.90	97.10	97.18	97.68	96.48
Si	5.406	5.419	5.407	5.385	5.386
Al iv	2.586	2.574	2.593	2.576	2.614
Al vi	0.000	0.000	0.015	0.000	0.016
Ti	0.498	0.490	0.480	0.492	0.505
Fe	2.834	2.836	2.964	2.838	2.906
Mn	0.031	0.032	0.033	0.025	0.028
Mg	2.569	2.572	2.430	2.567	2.471
Ca	0.010	0.015	0.032	0.006	0.005
Na	0.066	0.060	0.065	0.068	0.060
K	1.672	1.676	1.647	1.822	1.668
OH	3.967	3.972	3.957	3.976	3.952
F	0.033	0.028	0.043	0.024	0.048
Toplam	19.672	19.673	19.665	19.780	19.658
Mg/Fe	0.91	0.91	0.82	0.90	0.85
Toplam Al	2.586	2.574	2.608	2.576	2.630
Fe/Fe+Mg	0.52	0.52	0.55	0.53	0.54
Luhr vd (1984) (°C)	977	973	961	974	974



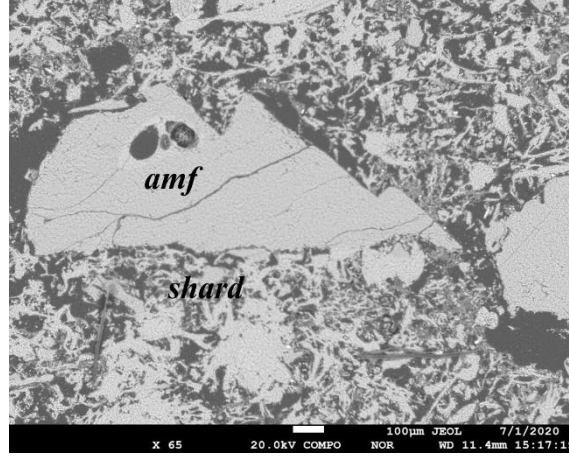
Şekil 3.9 Kavak (Nevşehir) ignimbiritlerine ait BJ1 nolu örneğin SEM görüntüsü (bio; biyotit, pm; pomza).



Şekil 3.10 Kavak Kavak ignimbritine ait biyotitlerin; (a) trioktohedral mikaların (Tischendorf vd., 1997), (b) $10xTiO_2$ -(FeO+MnO)-MgO üçgen (Nachit vd., 1985), (c) Ti-Mg/(Mg+Fe) (Henry vd., 2005) ve (d) Al_2O_3 -MgO (Abdel-Rahman, 1994) diyagramlarında sınıflandırılması

3.3.3 Amfibol Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu

Sh ve N-3-4 nolu örneklerle ait amfibollerin mineral kompozisyonları ve hesaplanmış uç bileşenleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Tomarza (Kayseri) ignimbiritine ait örnekte II nolu bölgede (Şekil 3.7-b) 8 noktada, Ahlat (Bitlis) ignimbiritinde ise I nolu bölgede (Şekil 3.11) 5 noktada analiz yapılabilmektedir. Amfibollerin stokiometrik hesaplaması için 23 oksijen esas alınmıştır.



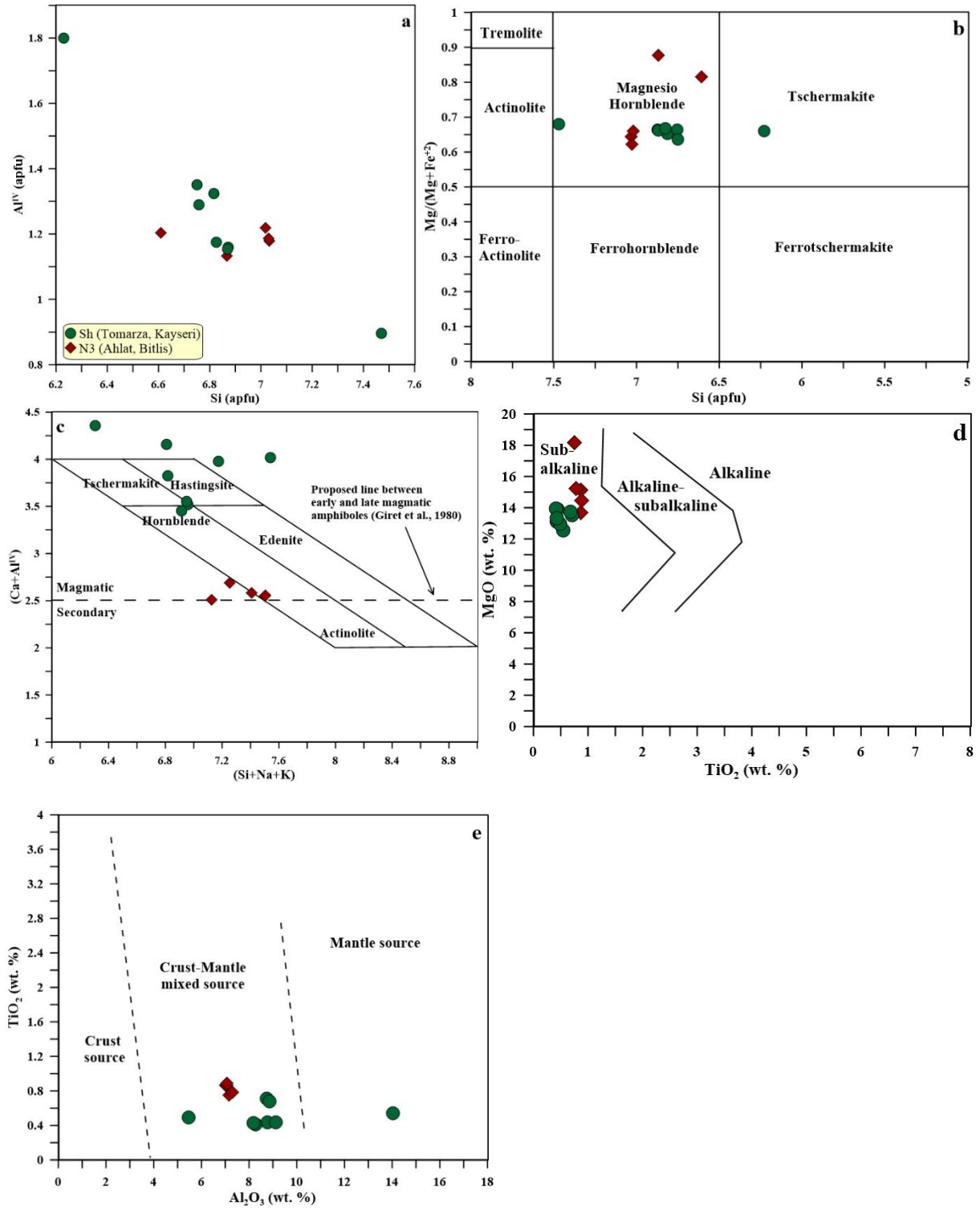
Şekil 3.11 Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait N-3-4 nolu örneğin I. bölge SEM görüntüsü (amf; amfibol, shard; volkan camı kıymıkları)

Tomarza ignimbiritlerinde Si içeriği 6.75-7.47 apfu (ort. 6.82 apfu) Al içeriği 0.89-1.80 apfu (ort. 1.27 apfu) arasında geniş aralıkta değişir (Şekil 3.12-a). Ahlat ignimbiritlerinde ise Si ve Al içeriği daha dar aralıkta olup sırasıyla 6.60-7.06 apfu (ort. 6.91 apfu) ve 1.13-1.21 apfu (ort. 1.18 apfu)'dur. Amfiboller $(Ca+Na)>1.0$ ve $^{B}Na (<0.5)$ üyesine göre "kalsik amfibol" olarak sınıflandırılmıştır (Leake vd., 1997) (Çizelge 3.5). Tomarza ignimbiritine ait kalsik amfibollerin $Mg/(Mg+Fe)$ oranları ve Si içeriği 0.64-0.68 ve 6.75-7.47 apfu arasında değişmekte olup magnesio-hornblend ve cermakit bileşimlerine sahiptir (Şekil 3.12-b). Bu değerler, Ahlat ignimbiritinde 0.62-0.88 ve 6.60-7.06 apfu arasında değişmekte ve amfiboller magnesio-hornblend bileşimini vermektedir. Giret vd. (1980) tarafından önerilen $(Ca+Al^{iv})=2.5$ ayırım çizgisi göz önüne alındığında ise örneklerin tamamı magmatik alana düşmektedir (Şekil 3.12-c). Bu diyagramda, Tomarza ignimbiritine ait dört adet örnek cermakit-hornblend-hastingsit, Ahlat ignimbiritine ait bir örnek edenit bileşimine sahiptir. Diğer örnekler ise bu alanların dışında yer almaktadır (Şekil 3.12-c). MgO karşın TiO_2 diyagramına göre amfiboller sub-alkalin bileşimindedir (Şekil 3.12-d). TiO_2 karşın Al_2O_3 diyagramında ise manto ve kıta kabuğu - manto malzemesinin karışımından türemiş bir kaynağa işaret etmektedir (Şekil 3.12-e).

Çizelge 3.5 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat ignimbiritlerine ait amfibollerin elektron mikroprob sonuçları

Örnek no	Sh-2-1	Sh-2-2	Sh-2-2	Sh-2-4	Sh-2-5	Sh-2-6	Sh-2-7	Sh-2-8	N3-1-1	N3-1-2	N3-1-3	N3-1-4	N3-1-5
SiO ₂	45.14	46.594	41.925	46.078	47.852	46.715	45.013	46.398	47.905	47.923	45.493	47.437	47.925
TiO ₂	0.433	0.709	0.541	0.438	0.491	0.414	0.425	0.677	0.863	0.866	0.754	0.887	0.781
Al ₂ O ₃	8.767	8.745	14.037	9.123	5.463	8.275	8.17	8.847	7.015	7.083	7.166	7.078	7.32
FeO	12.519	12.191	11.491	12.519	10.847	12.659	13.648	12.257	15.038	15.34	14.488	15.932	15.061
MnO	0.35	0.355	0.358	0.358	0.279	0.329	0.503	0.334	1.025	0.728	0.653	0.77	0.791
MgO	13.11	13.55	12.55	13.902	12.948	13.935	13.332	13.751	13.704	15.102	18.163	14.456	15.247
CaO	16.399	14.92	16.037	16.131	18.665	15.237	17.46	14.464	10.137	8.722	8.4	8.641	8.675
Na ₂ O	1.206	0.295	0.257	0.221	0.236	0.286	0.197	0.318	1.218	1.296	1.554	1.416	1.13
K ₂ O	0.031	0.002	0.01	0.00	0.006	0.005	0.00	0.002	0.268	0.528	0.43	0.363	0.375
F	0.01	0.012	0.013	0.018	0.0023	0.0034	0.0037	0.0063	0.00	0.029	0.122	0.069	0.086
(OH)	2.02	2.04	2.02	2.05	2.02	2.04	2.03	2.04	2.09	2.11	2.05	2.08	2.08
Toplam	99.99	99.41	99.24	100.84	98.81	99.90	100.78	99.09	99.26	99.73	99.27	99.13	99.47
Si	6.815	6.873	6.229	6.757	7.471	6.868	6.751	6.826	6.867	7.032	6.609	7.029	7.018
^{IV} Al	1.323	1.160	1.800	1.290	0.897	1.153	1.352	1.174	1.133	1.178	1.204	1.186	1.218
^{VI} Al	0.205	0.353	0.646	0.276	0.059	0.276	0.071	0.360	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.049	0.079	0.060	0.048	0.058	0.046	0.048	0.075	0.093	0.096	0,082	0,099	0.086
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	1.395	0.053	0.873	0,033	0.137
Fe ²⁺	1.581	1.504	1.428	1.535	1.416	1.557	1.712	1.494	0.408	1.830	0.887	1.942	1.707
Mn	0.045	0.044	0.045	0.044	0.037	0.041	0.064	0.042	0.124	0.090	0.080	0.097	0.098
Mg	2.951	2.980	2.780	3.039	3.013	3.054	2.981	3.016	2.928	3.304	3.934	3.193	3.329
Ca	2.653	2.358	2.553	2.534	3.122	2.400	2.806	2.280	1.557	1.371	1.307	1.372	1.361
Na	0.353	0.084	0.074	0.063	0.071	0.082	0.057	0.091	0.338	0.369	0.438	0.407	0.321
K	0.006	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.049	0.099	0.080	0.069	0.070
F	0.005	0.006	0.006	0.008	0.001	0.002	0.002	0.003	0.000	0.013	0.055	0.031	0.038
OH*	1.995	1.994	1.994	1.992	1.999	1.998	1.998	1.997	2.000	1.987	1.945	1.969	1.962
Toplam	17.980	17.435	17.617	17.586	18.145	17.478	17.841	17.371	16.944	17.421	17.494	17.425	17.346

(B)(Ca+Na)	2.599	2.347	2.541	2.517	2.969	2.393	2.763	2.280	1.895	1.673	1.567	1.707	1.622
(B)(Na)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.339	0.355	0.284	0.390	0.309
Ca+ ^{IV} Al	3.976	3.518	4.353	3.824	4.019	3.553	4.157	3.454	2.690	2.549	2.511	2.558	2.579
Si+Na+K	7.174	6.958	6.305	6.819	7.543	6.951	6.808	6.917	7.254	7.499	7.126	7.504	7.409
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0.651	0.665	0.661	0.664	0.680	0.662	0.635	0.669	0.878	0.644	0.816	0.622	0.661
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Mg)	0.35	0.34	0.34	0.34	0.32	0.34	0.36	0.33	0.12	0.36	0.18	0.38	0.34
T(°C) Ridolfi vd., 2010	invalid	<u>876.50</u>	1023.84	<u>911.00</u>	invalid	<u>871.32</u>	937.13	<u>868.12</u>	<u>792.59</u>	invalid	invalid	invalid	invalid
Uncertain	invalid	56.00	56.00	56.00	invalid	56.00	22.00	56.00	22.00	invalid	invalid	invalid	invalid
Al _{top}	1.53	1.51	2.45	1.57	0.96	1.43	1.42	1.,3	1.19	1.22	1.23	1.24	1.26
Al numarası	0.13	0.23	0.26	0.18	0.06	0.19	0.05	0.23	0.04	0.21	0.00	0.21	0.22

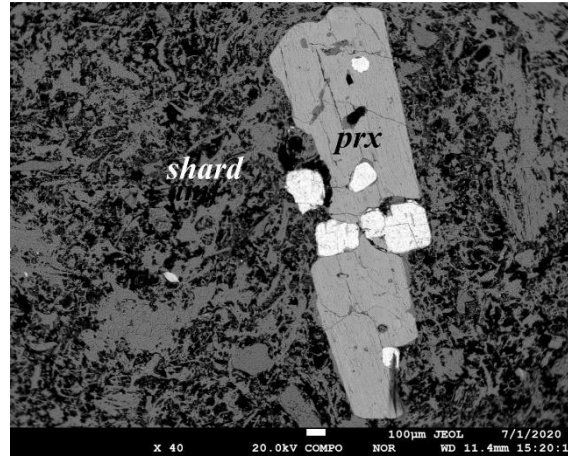


Şekil 3.12 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat ignimbiritlerine ait amfibollerin (a) Si- Al^{IV} (apfu) değişimi, (b) Si - Mg# ($Mg/(Mg+Fe)$) (apfu) (Leake vd., 1997) ve (c) Si+Na+K (apfu) - $Ca+Al^{IV}$ (Giret vd., 1980) diyagramında sınıflandırılması, (d) MgO - TiO_2 (Molina vd., 2009) ve (e) Al_2O_3 - TiO_2 diyagramında magma kaynağının (Jiang ve An, 1984) belirlenmesi

Tomarza ve Ahlat ignimbiritlerinin kristalizasyon sıcaklığını (T) tahmin etmek için amfibollerde Ridolfi vd. (2010)'nin önerdiği jeotermobarometrik hesaplama programı kullanılmıştır (Çizelge 3.5). Al-barometrik tahminler yapılırken araştırmacıların önerdiği sınırlamalara uygulanmış ve magmatik alana giren ancak herhangi bir amfibol bileşim alanına girmeyen bazı örnekler (5 adet) (Şekil 3.12-c) herhangi bir sıcaklık değeri vermemiştir. Tomarza ignimbiritine ait iki adet örnekte ise 937°C ve 1024°C gibi sıcaklık değerleri hesaplanmış ancak herhangi bir bileşim alanına girmeyen bu örneklerin sıcaklık değerleri göz ardı edilmiştir. Ridolfi vd. (2010)'un jeotermobarometrik hesaplamalarına göre, Tomarza ignimbiriti için 868-911°C (ort. 882°C) Ahlat ignimbiriti için 793°C kristalizasyon sıcaklıkları tahmin edilmiştir (Çizelge 3.5).

3.3.4 Piroksen Mineralinin Kimyasal Kompozisyonu

Sh ve N-3-4 nolu örneklerle ait piroksenlerin mineral kompozisyonları ve hesaplanmış uç bileşenleri Çizelge 3.6'da sunulmuştur. Tomarza (Kayseri) ignimbiritine ait örnekte I nolu bölgede (Şekil 3.7-a) 4 noktada, Ahlat (Bitlis) ignimbiritinde ise II nolu bölgede (Şekil 3.13) 10 noktada analiz yapılabilmektedir. Piroksenlerin stokiometrik hesaplaması için 6 oksijen esas alınmıştır.

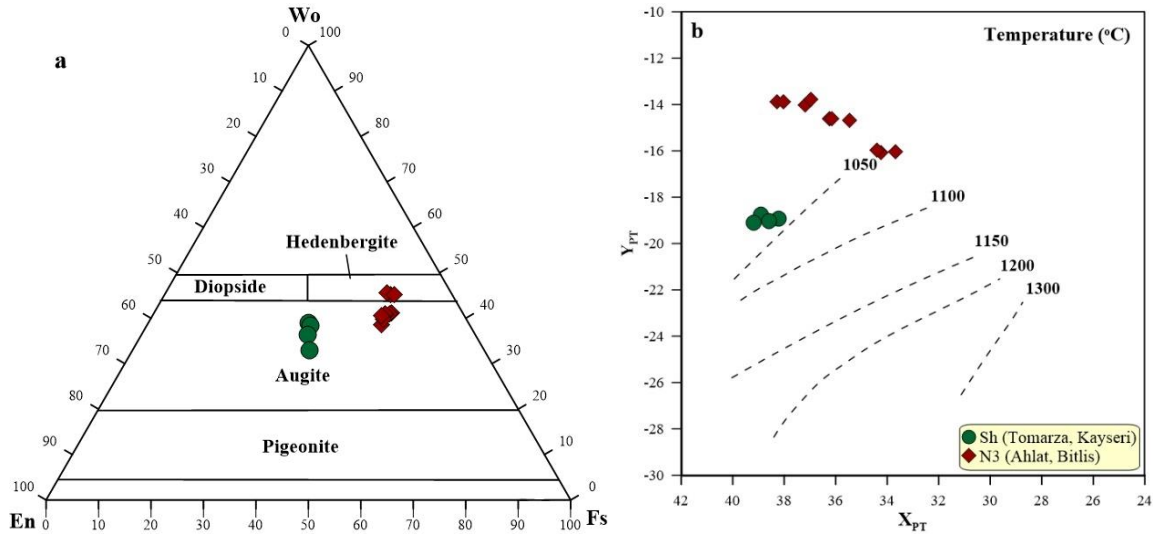


Şekil 3.13 Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait N-3-4 nolu örneğin II. bölge SEM görüntüsü (prx; piroksen, shard; volkan camı kıymıkları)

Çizelge 3.6 Tomarza ve Ahlat ignimbiritlerine ait piroksenlerin elektron mikroprob sonuçları

Örnek no	N3-2-1	N3-2-2	N3-2-3	N3-2-4	N3-2-5	N3-2-6	N3-2-7	N3-2-8	N3-2-9	N3-2-10	SH-1-1	SH-1-2	SH-1-3	SH-1-4
SiO ₂	44.497	44.608	43.196	43.138	44.393	43.782	43.842	45.179	44.301	44.928	43.998	44.321	45.339	45.855
TiO ₂	0.460	0.462	0.416	0.428	0.458	0.422	0.436	0.438	0.477	0.460	0.634	0.559	0.562	0.392
Al ₂ O ₃	3.469	4.515	3.048	5.733	2.192	4.718	2.260	6.334	6.632	7.074	1.946	1.409	1.225	1.589
Cr ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.001	0.000	0.015	0.000	0.000	0.004	0.000
FeO	26.644	25.694	27.093	25.910	26.956	26.168	26.913	22.244	22.708	22.251	20.869	21.643	21.837	22.527
MnO	0.876	0.907	0.939	0.940	0.983	0.907	0.947	0.839	0.869	0.925	0.221	0.249	0.274	0.245
MgO	4.505	4.549	5.712	5.001	5.120	5.278	5.476	3.481	3.805	3.263	11.282	11.458	11.987	12.218
CaO	19.049	18.515	18.326	18.812	19.761	18.464	19.667	18.747	19.613	18.598	20.060	20.130	19.063	16.825
Na ₂ O	0.262	0.298	0.281	0.261	0.224	0.315	0.249	0.545	0.473	0.601	0.191	0.206	0.244	0.228
K ₂ O	0.003	0.009	0.062	0.008	0.000	0.005	0.001	0.027	0.011	0.015	0.000	0.000	0.003	0.000
Toplam	99.765	99.557	99.073	100.235	100.087	100.062	99.791	97.835	98.889	98.130	99.201	99.975	100.538	99.879
Si	1.787	1.789	1.740	1.712	1.777	1.741	1.756	1.832	1.775	1.816	1.707	1.709	1.736	1.768
Ti	0.014	0.014	0.013	0.013	0.014	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.019	0.016	0.016	0.011
Al	0.164	0.213	0.145	0.268	0.103	0.221	0.107	0.303	0.313	0.337	0.089	0.064	0.055	0.072
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ⁺²	0.895	0.862	0.912	0.860	0.902	0.870	0.901	0.754	0.761	0.752	0.677	0.698	0.699	0.726
Mn	0.030	0.031	0.032	0.032	0.033	0.031	0.032	0.029	0.029	0.032	0.007	0.008	0.009	0.008
Mg	0.270	0.272	0.343	0.296	0.306	0.313	0.327	0.210	0.227	0.197	0.653	0.659	0.684	0.702
Ca	0.820	0.796	0.791	0.800	0.847	0.787	0.844	0.814	0.842	0.805	0.834	0.831	0.782	0.695
Na	0.020	0.023	0.022	0.020	0.017	0.024	0.019	0.043	0.037	0.047	0.014	0.015	0.018	0.017
K	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Toplam	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
Wo	40.668	40.413	38.172	40.284	40.724	39.271	40.270	44.081	44.615	44.019	38.632	38.103	36.108	32.702
En	13.384	13.817	16.556	14.902	14.683	15.621	15.603	11.390	12.045	10.747	30.235	30.180	31.595	33.046
Fs	44.936	44.593	44.213	43.802	43.758	43.895	43.204	42.210	41.394	42.660	30.467	31.011	31.460	33.451
X _{PT}	37.189	36.253	36.975	35.456	38.274	36.155	38.042	34.238	34.398	33.673	38.211	38.903	39.184	38.590
Y _{PT}	-14.007	-14.617	-13.762	-14.679	-13.869	-14.615	-13.894	-16.073	-15.966	-16.052	-18.921	-18.758	-19.106	-19.030

Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerine ait piroksenler Na'ca fakir ojit alanına, Ahlat (Bitlis) ignimbiritleri ise hedenberjit-ojit alanına düşer (Şekil 3.14-a). Klinopiroksenlerin kristalizasyon sıcaklıklarını tahmin etmek için Soesoo (1997)'un XPT karşın YPT diyagramı kullanılmıştır (Şekil 3.14-b). Tomarza ignimbiritleri için 1050°C'ye yakın kristalizasyon sıcaklıkları tahmin edilmiştir. Ahlat ignimbiritleri ise bazı klinopiroksenler 1050°C kristalizasyon sıcaklıkları sunarken çoğunluğu 1050°C'den düşüktür.



Şekil 3.14 Tomarza (Kayseri) ve Ahlat (Bitlis) ignimbiritlerine ait (a) piroksenlerin Wo-En-Fs üçgen diyagramında sınıflaması (Morimoto, 1988), ve (b) klinopiroksen kompozisyonlarının $X_{PT} - Y_{PT}$ diyagramında sıcaklık tahminleri (Soesoo, 1997) ($X_{PT} = 0.446SiO_2 + 0.187TiO_2 - 0.404Al_2O_3 + 0.346FeO - 0.052MnO + 0.309MgO + 0.431CaO - 0.446Na_2O$; $Y_{PT} = -0.369SiO_2 + 0.535TiO_2 - 0.317Al_2O_3 + 0.323FeO + 0.235MnO - 0.516MgO - 0.167CaO - 0.153Na_2O$)

Çalışma konusunu oluşturan farklı bölgelere ait ignimbiritlerde mineral kompozisyonları kullanarak tahmin edilmiş kristalizasyon sıcaklıkları Çizelge 3.7'de verilmiştir. Trakidasit bileşimli ve ötakstitik dokular sunan Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerinde 868 - ~1050°C arasında değişen en yüksek oluşum sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Riyolit bileşimine sahip Ahlat ignimbiritlerinde ise kristalizasyon sıcaklık değerleri 793 - ~1050°C arasında değişmektedir. Pomza bileşeni yüksek olan sileksit bileşimli Kavak (Nevşehir) ignimbiritlerinde sıcaklık değerleri 700 - 750°C arasındadır.

Çizelge 3.7 Tomarza (Kayseri), Kavak (Nevşehir) ve Ahlat (Bitlis) ignimbiritleri için farklı minerallerde tahmin edilmiş kristalizasyon sıcaklıkları

Bölge	Tomarza (Kayseri)	Kavak (Nevşehir)	Ahlat (Bitlis)	Referans
Kayaç bileşimi	Trakidasit	Sileksit	Riyolit	Bu çalışma
Kayaç dokusu	Ötaksitik	Vitrofirik	Ötaksitik	Bu çalışma
Piroksen	~1050°C		<1050 ve ~1050°C	Soesoo (1997)
Amfibol	868-911°C		793°C	Ridolfi vd. (2010)
Biyotit		700-750°C		Henry vd. (2005)
Plajiyoklaz	940-962°C			Putirka (2008)

3.4 İncelenen İgnimbiritlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Kayseri, Nevşehir ve Ahlat çevresinden elde edilen farklı renk ve doku özellikleri gösteren ignimbirit örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik bazı deney çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ignimbiritlerin kuru ve doymun birim hacim ağırlığı, kütlece su emme ve gözeneklilik yüzdesi belirlenmiştir. Öte yandan, kuru ve doymun koşullarda ignimbiritlerde P-dalga hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İgnimbiritlerin dayanım değerlerinin ortaya konması amacıyla yine kuru ve doymun koşullarda 1250 kN kapasiteli pres ile tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. İgnimbiritlerin fiziko-mekanik özelliklerine ait bazı değerler, Bostancı (2016) ve Çadır (2018) çalışmalarından alındığından, doymun koşullardaki bazı değerler tespit edilememiştir. Kayseri, Nevşehir ve Ahlat çevresine ait farklı ignimbirit örneklerine ait fiziko-mekanik özelliklere ortalama değerler Çizelge 3.8’de sunulmuştur.

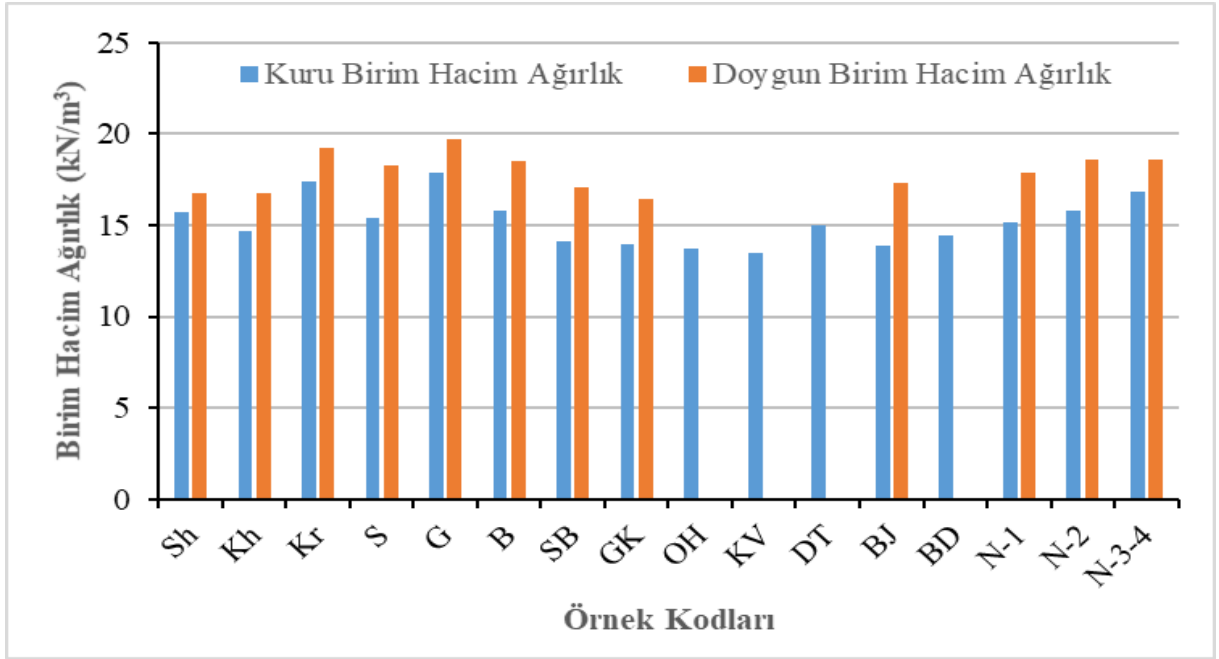
Çizelge 3.8 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin ortalama fiziko-mekanik özellikleri

Lokasyon	Örnek Kodu	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Görünür Gözeneklilik (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)	P-dalga Hızı-Kuru (m/s)	P-dalga Hızı-Doygun (m/s)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı-Kuru (MPa)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı-Doygun (MPa)
KAYSERİ	Sh	15.71	16.73	26.32	18.29	2785	2487	21.05	14.01
	Kh	14.64	16.73	26.94	18.76	2710	2694	22.52	16.8
	Kr	17.42	19.24	22.18	12.75	2090	1897	20.65	18.86
	S	15.37	18.3	28.72	18.19	2045	1896	20.92	16.18
	G	17.84	19.73	15.99	8.63	1965	1695	36.84	32.8
	B	15.78	18.53	27.96	17.37	1936	1748	17.26	15.65
NEVŞEHİR	SB	14.08	17.04	28.22	29.68	1670	-	7.77	-
	GK	13.93	16.40	24.73	23.94	1642	-	11.78	-
	OH	13.71	-	24.80	18.90	2013	-	19.24	17.30
	KV	13.45	-	31.1	22.62	1759	-	11.3	6.3
	DT	15.00	-	32.41	21.33	1562	-	11.34	9.91
	BJ	13.86	17.29	36.67	33.8	692	-	6.64	-
	BD	14.44	-	35.12	24.11	1865	-	14.41	13.25
AHLAT	N-1	15.13	17.89	28.89	18.68	1709	1554	15.78	13.59
	N-2	15.77	18.60	27.40	16.92	2378	2257	12.10	12.17
	N-3-4	16.82	18.59	20.35	12.03	2623	2212	28.92	26.83

Kayseri bölgesinden temin edilen ignimbiritlere ait kuru birim hacim ağırlık (KBHA) değerleri incelendiğinde, ortalama birim hacim ağırlıklarının 14.64 kN/m³ ile 17.84 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre, en yüksek birim hacim ağırlığı G kodlu gri renkli ignimbiritlere aiten, kahverengi ignimbiritler (Kh) en düşük KBHA değerine sahiptir. Öte yandan, Nevşehir yöresine ait ignimbiritlerde KBHA belirgin şekilde daha düşüktür. Nevşehir ignimbiritlerindeki en yüksek KBHA 15.00 kN/m³'tür. Bunun yanı sıra, daha açık renkli Kavak ignimbiritlerinde (KV) birim hacim ağırlığının 13.45 kN/m³'e kadar düşebilmektedir. Ahlat bölgesine ait ignimbiritlerde ise KBHA 15.13 ile 16.82 kN/m³ arasındadır. ANON (1979) sınıflamasına göre incelenen tüm ignimbiritlerin “çok düşük” birim hacim ağırlık değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

İgnimbiritler bilindiği üzere yüksek derecede su emme kapasitesine sahip bir kaya türüdür. Bu nedenle ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlıkları arasında önemli farklılıklar olabilmektedir. Buna göre, Kayseri yöresi ignimbiritlerinde doymuş birim hacim ağırlığının

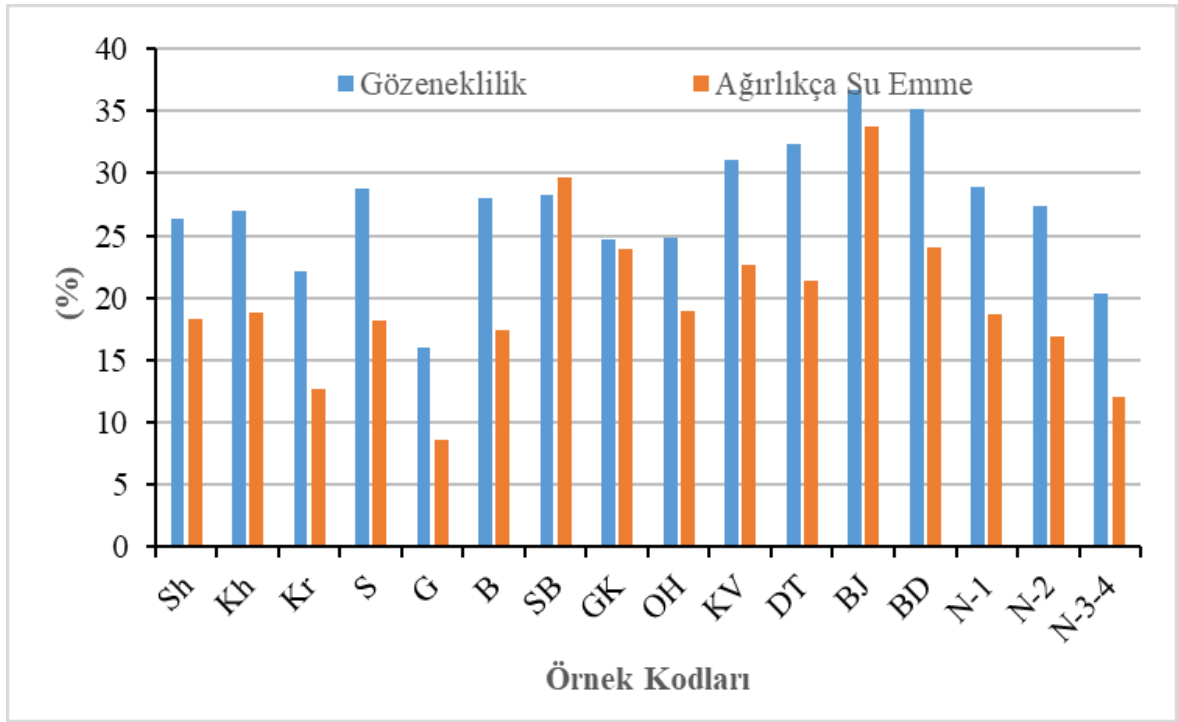
(DBHA) en yüksek 19.73 kN/m^3 (G kodlu ignimbirit) olabileceği ortaya konmuştur. En düşük DBHA değeri ise siyah (Sh) ve kahverengi (Kh) Kayseri ignimbiritleri için ortalama 16.73 kN/m^3 'tür. Nevşehir ignimbiritlerinde ise en yüksek ortalama DBHA 17.29 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Ahlat ignimbiritlerinde ise incelenen örneklerin ortalama DBHA birbirine yakın sonuçlar vermiş olup, DBHA değerlerinin 17.89 ile 18.60 kN/m^3 arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlıklarına ait sütun grafikleri Şekil 3.15'te sunulmuştur. Sütun grafiklerinden de anlaşılabileceği üzere, Kayseri ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlığı değerleri birbirine daha yakındır. Nevşehir yöresindeki ignimbiritlerin ise daha düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.15 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlıkları sütun grafiği

Yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda beklenildiği üzere incelenen ignimbirit örneklerinin yüksek derecede su emme ve görünür gözeneklilik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kayseri yöresi ignimbiritlerinin görünür gözeneklilik değerleri %15.99 ile %27.96 arasında değişmektedir. Yüksek birim hacim ağırlığına sahip olan gri renkli Kayseri ignimbiritleri (G) en

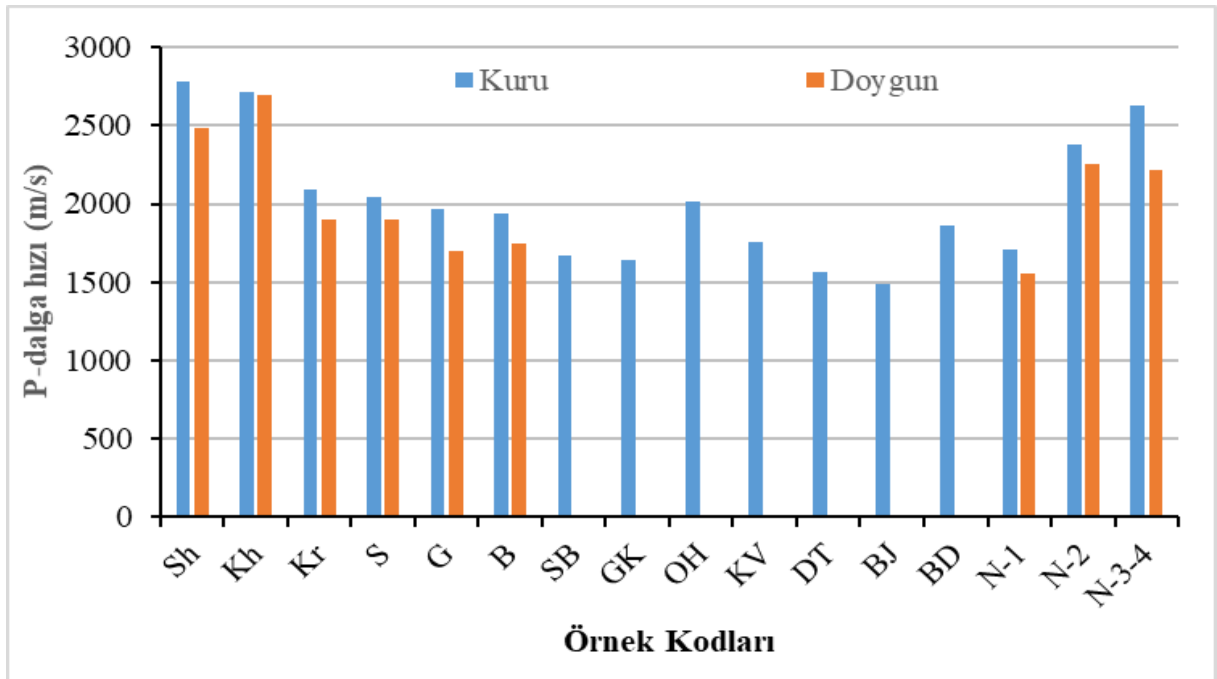
düşük gözenekliliğe sahiptir. Beyazımsı renkli ignimbiritlerin (B) ise gözenekliliğinin %28 civarında olduğu görülmektedir (Şekil 3.16). Nevşehir yöresine ait daha düşük birim hacim ağırlığına sahip olan ignimbiritlerin görünür gözeneklilik değerlerinin ise %30'un üzerine çıkabildiği saptanmıştır. Buna göre, BJ kodlu Nevşehir ignimbiritinin görünür gözenekliliği %36.67 gibi oldukça yüksek bir değere ulaşmıştır. Nevşehir ignimbiritlerinde en düşük ortalama görünür gözeneklilik ise %24.73'tür (GK) (Şekil 3.16). Öte yandan, Ahlat ignimbiritlerinde ise görünür gözeneklilik %20.35 ile %28.89 arasındadır. İncelenen bu örneklerde ağırlıkça su emme değerlerinin de benzer bir eğilim gösterdiğinden söz edilebilir (Şekil 3.16). Tüm bu değerler ışığında, Kayseri ve Ahlat ignimbiritlerinin ANON (1979) sınıflamasına göre “yüksek”, Nevşehir ignimbiritlerinin ise “çok yüksek” gözenekliliğe sahip olduğu ortaya konmuştur.



Şekil 3.16 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin gözeneklilik ve ağırlıkça su emme sütun grafiği

Laboratuvarda gerçekleştirilen P-dalga hızı ölçümlerine göre Kayseri ignimbiritlerinin kuru koşullardaki P-dalga hızı değerleri ortalama olarak 2000 m/s'ye civarında olup, Sh ve Kh kodlu ignimbiritlerde bu değer 2700 m/s'ye kadar çıkabilmektedir (Şekil 3.17). Nevşehir ignimbiritlerinde ise kuru P-dalga hızları 2000 m/s'nin altına düşmektedir. Hatta BJ kodlu

ignimbiritlerde bu değer 1492 m/s'ye kadar inebilmektedir. Ahlat ignimbiritlerinde ise ortalama P-dalga hızları kuru örnekler için 1709 ile 2623 m/s arasındadır. ANON (1979) sınıflamasına göre, P-dalga hızı 2500 m/s'nin altında olan tüm örnekler “çok düşük” P-dalga hızına sahip kaya birimleri olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 3.17). P-dalga hızı 2500 m/s'nin üzerindeki Sh, Kh (Kayseri) ve N-3-4 (Ahlat) kodlu ignimbiritler ise “düşük” P-dalga hızlı kaya sınıfındadır. Nevşehir örneklerinde doygun koşullarda P-dalga hızı değerleri tespit edilemediğinden, diğer ignimbirit örnekleri ile karşılaştırma yapılmamıştır. Ancak, Kayseri ve Ahlat örneklerinde doygun koşullarda P-dalga hızında bir düşme olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 3.8).

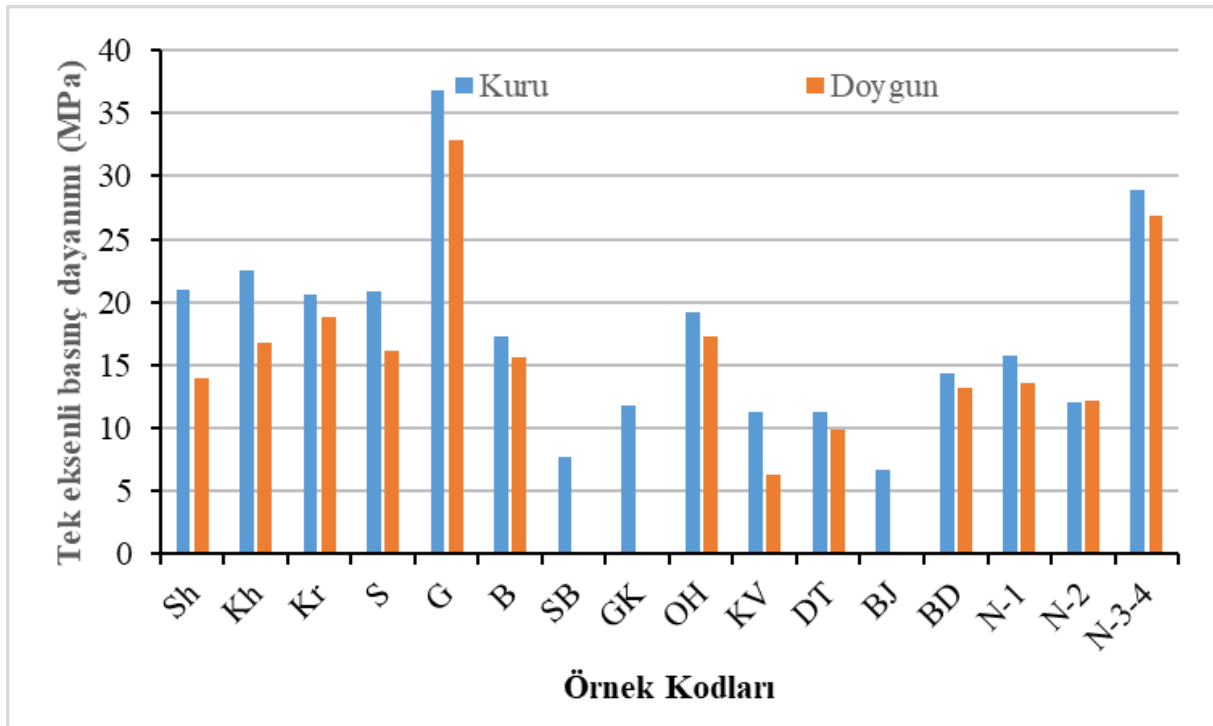


Şekil 3.17 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin P-dalga hızı sütun grafiği

İgnimbiritlerin dayanımının belirlenmesi amacıyla kuru koşullarda gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı deneyleri sonucunda Kayseri ignimbiritlerinin tek eksenli basınç dayanımlarının (σ_c) genellikle 20 MPa'nın üzerinde olduğu ortaya konmuştur (Şekil 3.18). Kayseri örnekleri için en yüksek ve en düşük değerleri temsil etmek üzere, G kodlu ignimbiritlerde ortalama σ_c 36.84 MPa ve B kodlu örneklerde ise σ_c 17.26 MPa'dır. Diğer Kayseri ignimbiritlerinin ise ortalama kuru tek eksenli basınç dayanımları 20 MPa dolayında değişmektedir. Buna göre, Kayseri ignimbiritleri ANON (1979) sınıflamasına göre “orta dayanımlı” kaya sınıfına

girmektedir (Şekil 3.18).

Nevşehir ignimbiritleri, incelenen örnekler arasında en düşük tek eksenli basınç dayanımına sahiptir. Ortalama dayanım açısından bakıldığında Nevşehir ignimbiritlerinin kuru koşullardaki ortalama tek eksenli basınç dayanımlarının 10 MPa mertebesinde (Şekil 3.18). SB ve BJ kodlu ignimbirit örneklerinde ise σ_c 10 MPa'nın altına düşmektedir. Ahlat ignimbiritlerinde N-1 ve N-2 kodlu örneklerin ortalama kuru σ_c değerleri 15 ve 12 MPa dolaylarındayken, N-3-4 ignimbiritlerinin dayanımı 30 MPa'a yaklaşmaktadır (Şekil 3.18). Buna göre, Nevşehir ve Ahlat ignimbiritlerinin OH, N-1 ve N-3-4 kodlu örnekler hariç, ANON (1979)'a göre "zayıf dayanımlı" kaya olarak sınıflandırıldığı görülmektedir.



Şekil 3.18 Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı sütun grafiği

Şekil 3.18 incelendiğinde incelenen ignimbirit örneklerinin bazılarında doymuş koşullardaki tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin de belirlendiği görülmektedir. Kayseri ignimbiritlerinin bazı örneklerinde doymuş koşullarda %30'un üzerinde dayanım kaybı olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, Nevşehir örneklerinde de KV kodlu örnekte doymuş koşullarda σ_c önemli ölçüde

azalmıştır. Ahlat ignimbiritlerinde ise kuru ve doymuş koşullar altında dayanımda önemli bir azalma olmadığı görülmektedir. Bu bulgular, özellikle Kayseri ve Nevşehir ignimbiritlerinin su ile temas halinde dayanımlarını önemli ölçüde yitirebileceklerini işaret etmektedir.

Bu araştırma kapsamında incelenen ignimbirit örneklerinin tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesi sırasında elastisite modüllerinin de belirlenmesi hedeflenmiştir. Ancak, araştırma kapsamında kaya presinde yaşanan arızanın beklenenden uzun sürede tamir edilmesi sebebiyle istenilen sayıda elastisite modülü belirlenememiştir. Nevşehir ignimbiritlerinde (DT) yapılan deneysel çalışmada elastisite modülü 1.05 GPa, Kayseri ignimbiritlerinde (Kr) ise 4.3 GPa olarak bulunmuştur.

3.5 İncelenen İgnimbiritlerde Pomza ve Litik Tanelerin Şekil ve Boyutları

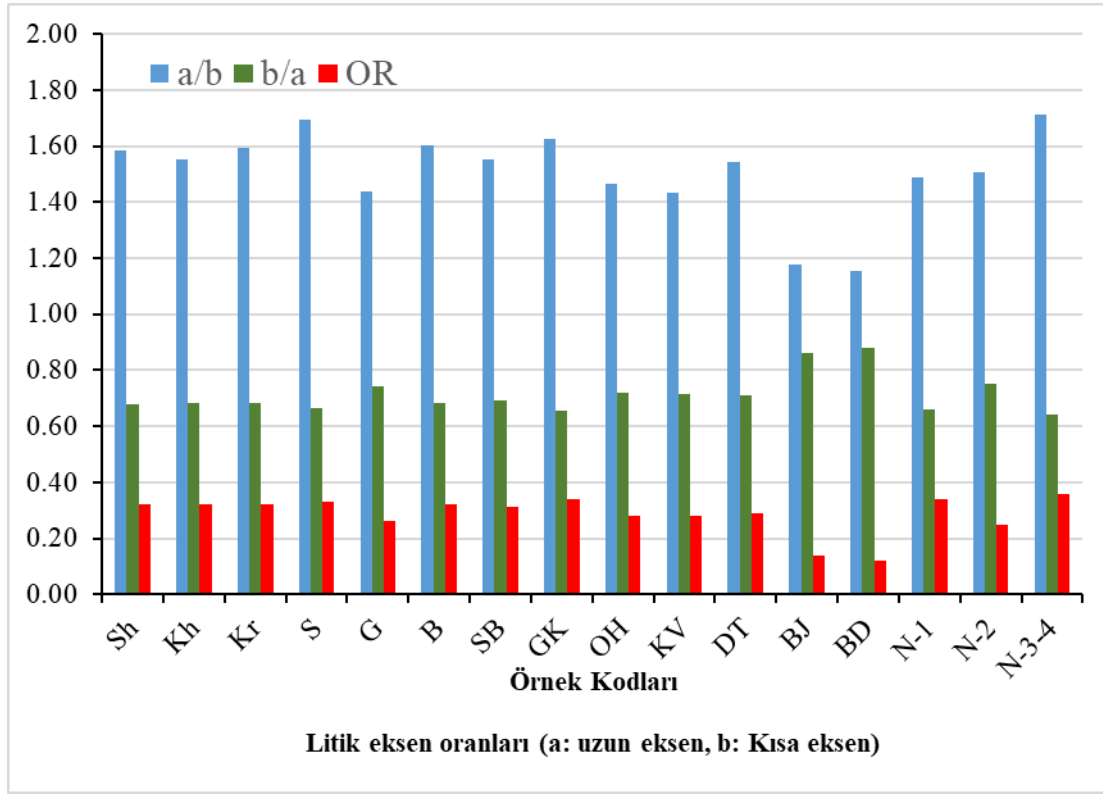
Kayseri, Nevşehir ve Ahlat yöresinden temin edilen ignimbirit örneklerindeki pomza ve farklı kayaç bileşenlerinden oluşan litik tanelerin uzun ve kısa eksen ölçümleri “Yöntem” bölümünde belirtilen esaslar çerçevesinde belirlenmiştir. Bu projenin ana amacı doğrultusunda ignimbiritlerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile pomza ve litik tane şekli arasındaki istatistiksel ilişkiler basit regresyon analizleri ile irdelenmiştir.

Çizelge 3.9’da Kayseri, Nevşehir ve Ahlat bölgesine ait 16 farklı ignimbirit türü için, içerdikleri pomza ve litik taneler için belirlenmiş olan en düşük, en yüksek ve ortalama uzun eksen (a), kısa eksen (b) uzunlukları ile bu uzunluklara göre hesaplanmış olan eksenel oran (a/b), en-boy oranı (b/a) ve basıklık oranı (OR) $[1-(b/a)]$ değerleri sunulmaktadır. Öte yandan, ignimbiritlerdeki pomza taneleri ve litik taneler için hesaplanan farklı şekil parametresi (a/b, b/a, OR) değerlerine ait sütun grafikleri de sırasıyla Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de verilmiştir. Bunun yanı sıra, aynı ignimbiritler için pomza ve litik tanelerin ölçülen ortalama eksen uzunlukları da Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

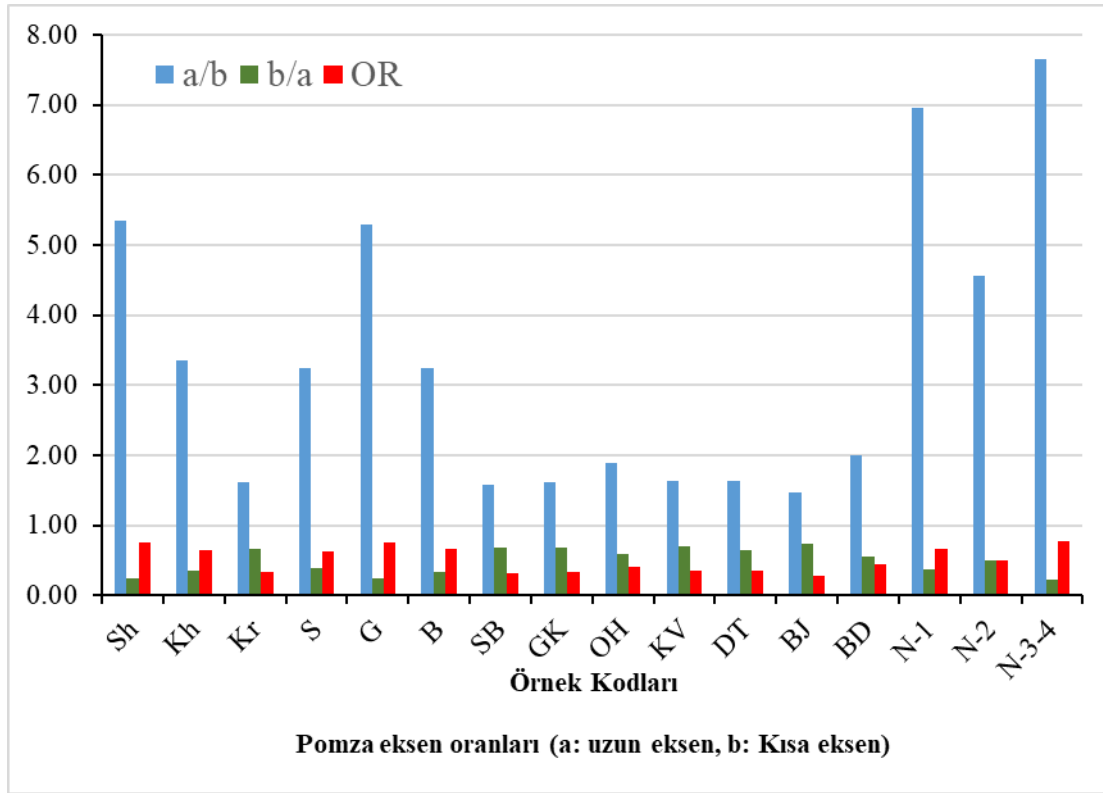
Çizelge 3.9 ve Şekil 3.19’da incelenen ignimbiritler içerisindeki farklı kayaç parçalarına ait litik tanelerin şekil parametreleri incelendiğinde, dikkati çeken ilk husus şekil parametresi değerlerinin değişik ignimbirit türleri için önemli oranda değişmediğidir. Örneğin eksenel oran (a/b) değerlerine bakıldığında çoğu ignimbirit türü için bu değer (BJ, BD, GK, S ve N-3-4 hariç) 1.40 ile 1.60 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.9 Pomza ve litik tanelerin eksen uzunlukları ve farklı şekil parametresi değerleri

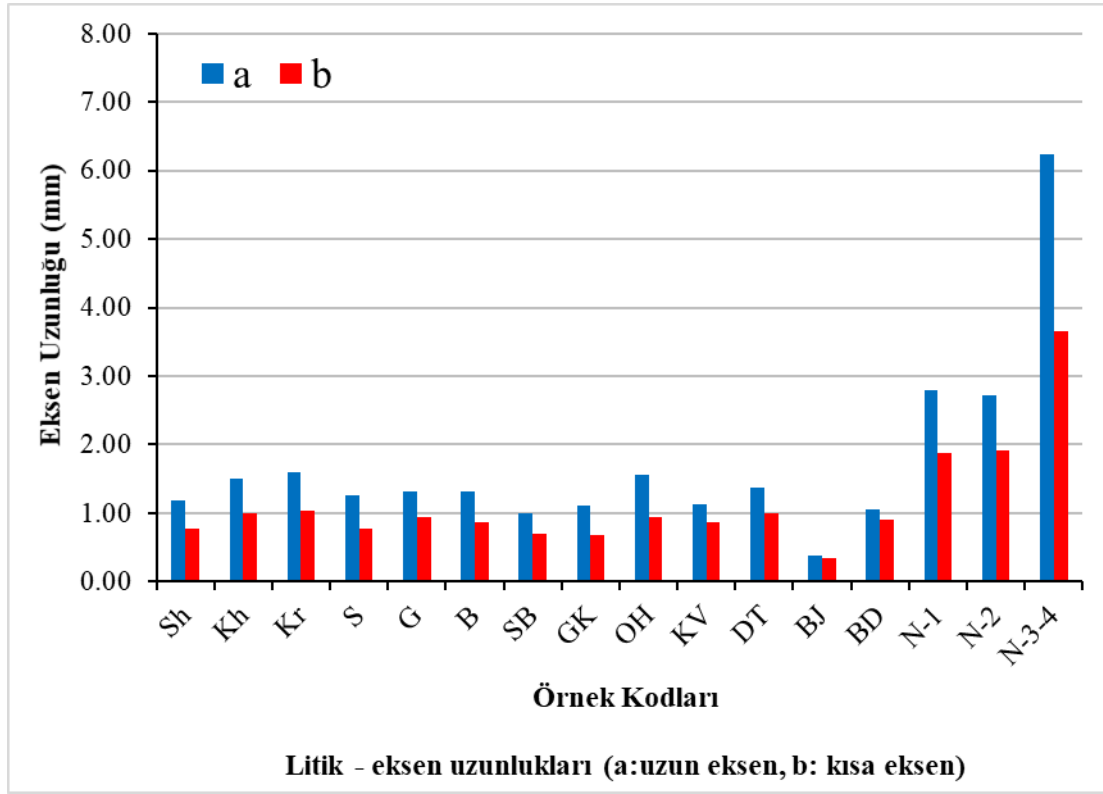
Lokasyon	Örnek Kodu		Pomza					Litik Malzeme				
			Uzun eksen (mm) (a)	Kısa eksen (mm) (b)	a/b	b/a	OR	Uzun eksen (mm) (a)	Kısa eksen (mm) (b)	a/b	b/a	OR
KAYSERİ	Sh	En düşük	1.27	0.31	1.05	0.05	0.05	0.37	0.26	1.02	0.29	0.02
		En yüksek	22.93	3.58	19.59	0.95	0.95	2.97	2.06	3.49	0.98	0.71
		Ortalama	4.39	0.90	5.35	0.24	0.76	1.19	0.78	1.59	0.68	0.32
		Std. Sapma	3.32	0.57	3.15	0.13	0.13	0.55	0.36	0.49	0.17	0.17
	Kh	En düşük	0.75	0.30	1.54	0.12	0.35	0.38	0.31	1.01	0.28	0.72
		En yüksek	50.00	7.00	8.63	0.65	0.88	3.98	2.66	3.54	0.99	0.01
		Ortalama	3.60	0.96	3.35	0.35	0.65	1.50	0.99	1.55	0.68	0.32
		Std. Sapma	6.18	0.97	1.45	0.13	0.13	0.77	0.50	0.44	0.16	0.16
	Kr	En düşük	0.58	0.49	1.00	0.33	0.00	0.54	0.30	1.00	0.29	0.00
		En yüksek	16.01	10.29	3.06	1.00	0.67	5.18	2.88	3.50	1.00	0.71
		Ortalama	3.35	2.15	1.62	0.66	0.34	1.60	1.03	1.59	0.68	0.32
		Std. Sapma	2.43	1.53	0.46	0.16	0.16	1.02	0.62	0.53	0.18	0.18
	S	En düşük	0.75	0.28	1.55	0.08	0.92	0.55	0.34	1.01	0.26	0.74
		En yüksek	13.89	6.94	12.32	0.65	0.35	4.69	2.79	3.85	0.99	0.01
		Ortalama	2.61	0.93	3.24	0.38	0.62	1.27	0.77	1.69	0.67	0.33
		Std. Sapma	2.45	1.06	2.00	0.14	0.14	0.84	0.47	0.70	0.21	0.21
	G	En düşük	1.43	0.36	1.77	0.05	0.95	0.4	0.36	1.00	0.29	0.71
		En yüksek	16.05	4.94	20.70	0.57	0.43	12.01	6.86	3.41	1.00	0.00
		Ortalama	5.75	1.21	5.29	0.24	0.76	1.32	0.94	1.44	0.74	0.26
		Std. Sapma	3.97	0.88	3.20	0.11	0.11	1.42	0.87	0.44	0.17	0.17
	B	En düşük	0.85	0.31	1.70	0.18	0.82	0.58	0.31	1.00	0.26	0.74
		En yüksek	8.67	2.58	5.69	0.59	0.41	5.60	3.72	3.88	1.00	0.00
		Ortalama	3.00	0.93	3.25	0.33	0.67	1.32	0.86	1.60	0.68	0.32
		Std. Sapma	1.71	0.44	0.89	0.09	0.09	0.86	0.57	0.57	0.18	0.18
NEVŞEHİR	SB	En düşük	0.15	0.10	1.00	0.31	0.00	0.34	0.22	1.00	0.37	0.63
		En yüksek	7.36	3.63	3.23	1.00	0.69	8.13	7.27	2.73	1.00	0.00
		Ortalama	1.17	0.76	1.58	0.68	0.32	0.99	0.69	1.55	0.69	0.31
		Std. Sapma	1.10	0.65	0.45	0.17	0.17	1.07	0.94	0.44	0.17	0.17
	GK	En düşük	0.26	0.16	1.00	0.24	0.76	0.35	0.26	1.01	0.28	0.72
		En yüksek	7.52	3.59	4.20	1.00	0.00	7.14	3.33	3.59	0.99	0.01
		Ortalama	1.36	0.86	1.61	0.67	0.33	1.11	0.68	1.63	0.66	0.34
		Std. Sapma	1.13	0.66	0.54	0.17	0.17	0.89	0.49	0.45	0.16	0.16
	OH	En düşük	0.20	0.11	1.00	0.24	0.76	0.51	0.45	1.13	0.56	0.44
		En yüksek	1.19	0.96	4.13	1.00	0.00	2.61	1.45	1.80	0.88	0.12
		Ortalama	0.47	0.27	1.89	0.59	0.41	1.56	0.95	1.47	0.72	0.28
		Std. Sapma	0.24	0.16	0.70	0.19	0.19	1.48	0.71	0.47	0.23	0.23
	KV	En düşük	0.15	0.09	1.00	0.14	0.00	0.36	0.26	1.13	0.57	0.43
		En yüksek	1.75	0.66	7.09	1.00	0.86	2.21	1.96	1.76	0.89	0.11
		Ortalama	0.40	0.26	1.88	0.64	0.36	1.14	0.86	1.43	0.72	0.28
		Std. Sapma	0.24	0.13	1.06	0.23	0.23	0.78	0.75	0.26	0.13	0.13
	DT	En düşük	0.18	0.10	1.01	0.36	0.64	0.21	0.16	1.03	0.42	0.58
		En yüksek	2.39	1.24	2.77	0.99	0.01	2.49	1.72	2.39	0.97	0.03
		Ortalama	0.53	0.34	1.64	0.65	0.35	1.38	0.99	1.54	0.71	0.29
		Std. Sapma	0.45	0.29	0.42	0.15	0.15	0.95	0.78	0.59	0.23	0.23
	BJ	En düşük	0.15	0.12	1.00	0.24	0.76	0.21	0.16	1.04	0.76	0.24
		En yüksek	0.94	0.81	4.17	1.00	0.00	0.54	0.52	1.31	0.96	0.04
		Ortalama	0.41	0.30	1.47	0.73	0.27	0.38	0.34	1.18	0.86	0.14
		Std. Sapma	0.17	0.14	0.49	0.18	0.18	0.23	0.25	0.19	0.14	0.14
	BD	En düşük	0.20	0.08	1.07	0.29	0.71	0.79	0.79	1.00	0.76	0.24
		En yüksek	1.32	0.56	3.47	0.93	0.07	1.31	1.00	1.31	1.00	0.00
		Ortalama	0.51	0.27	2.00	0.55	0.45	1.05	0.90	1.16	0.88	0.12
		Std. Sapma	0.28	0.13	0.65	0.18	0.18	0.37	0.15	0.22	0.17	0.17
AHLAT	N-1	En düşük	0.56	0.04	0.30	0.02	0.98	0.91	0.88	0.87	0.41	0.59
		En yüksek	34.17	5.00	45.00	1.00	0.00	6.99	5.81	2.69	0.94	0.06
		Ortalama	2.78	0.65	6.96	0.34	0.66	2.8	1.88	1.49	0.66	0.34
		Std. Sapma	4.66	0.74	8.57	0.46	0.46	1.87	1.33	0.48	0.19	0.19
	N-2	En düşük	0.63	0.33	1.00	0.06	0.94	0.83	0.75	1.00	0.36	0.64
		En yüksek	12.92	3.13	15.50	1.00	0.00	7.50	6.67	2.75	1.00	0.00
		Ortalama	3.42	1.05	4.55	0.50	0.50	2.72	1.91	1.51	0.75	0.25
		Std. Sapma	3.62	0.82	5.04	0.32	0.32	1.90	1.52	0.60	0.25	0.25
	N-3-4	En düşük	3.00	0.10	1.67	0.01	0.99	2.00	1.40	1.00	0.33	0.67
		En yüksek	120.00	25.00	80.00	0.60	0.40	12.00	5.00	3.00	1.00	0.00
		Ortalama	10.26	2.18	7.65	0.22	0.78	6.23	3.66	1.71	0.64	0.36
		Std. Sapma	13.32	2.84	10.74	0.12	0.12	2.78	1.11	0.57	0.20	0.25



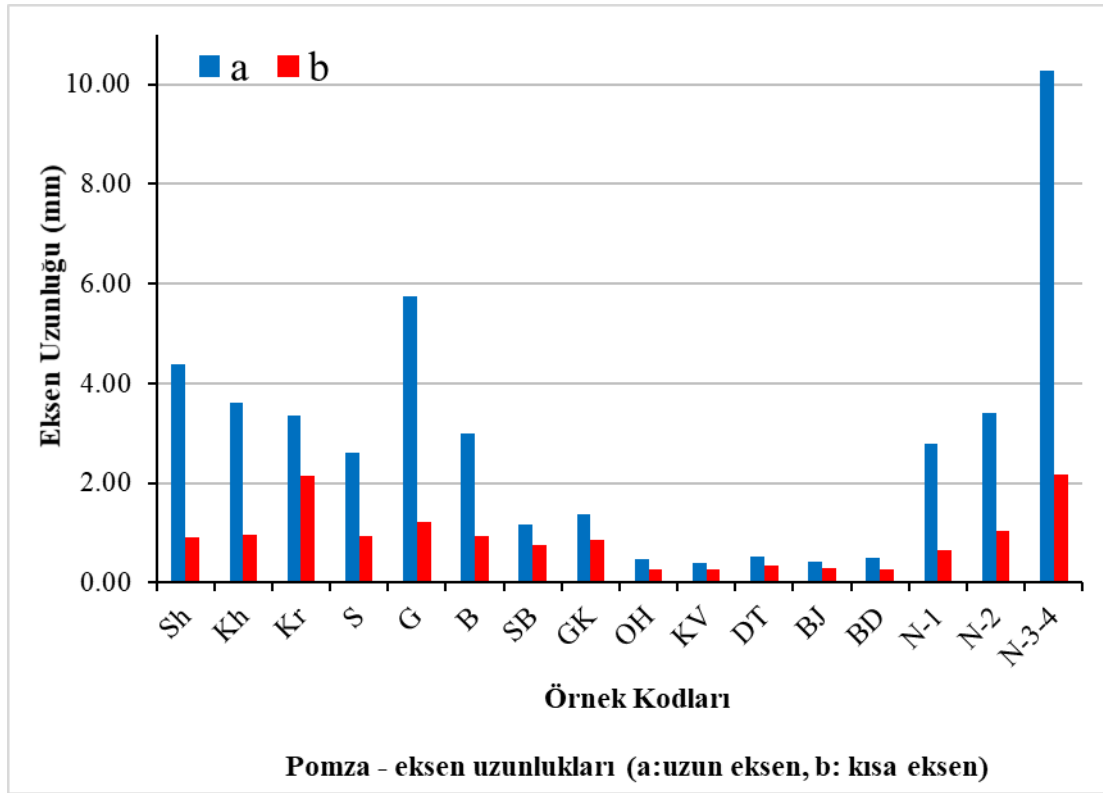
Şekil 3.19 İğnimbiritlerdeki litik taneler için şekil parametresi oranları



Şekil 3.20 İğnimbiritlerdeki pomza taneleri için şekil parametresi oranları



Şekil 3.21 İğnimbiritlerdeki litik tanelerin uzun ve kısa eksen uzunlukları



Şekil 3.22 İğnimbiritlerdeki pomza tanelerinin uzun ve kısa eksen uzunlukları

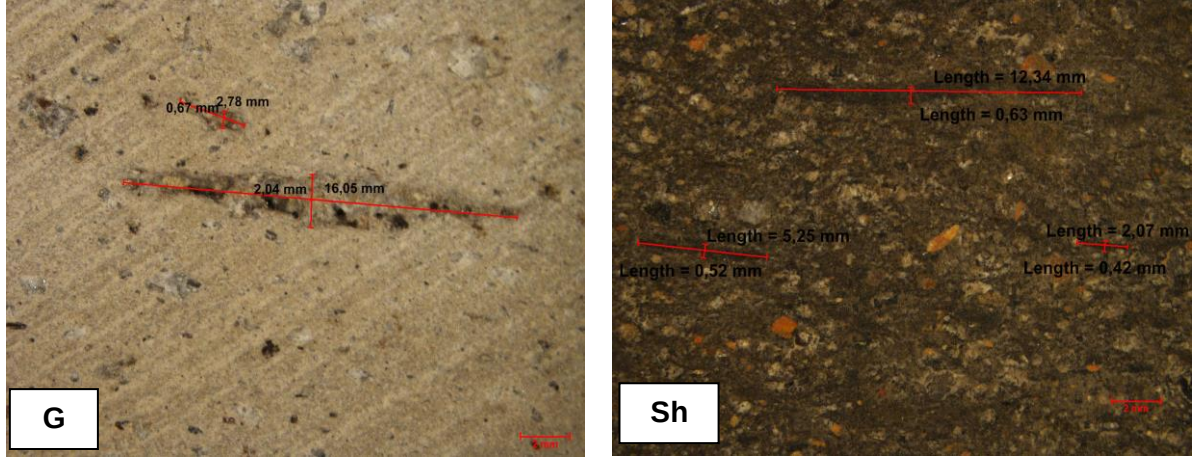
Bilindiği üzere a/b değerinin 1'e yaklaşması eksen uzunluklarının birbirine yaklaşması ve dolayısıyla tane şeklinin daha yuvarlak bir yapı alması anlamına gelmektedir. Buna göre, incelenen ignimbiritlerde litik tanelerin genellikle yuvarlağa yakın bir şekilde olduğu söylenebilir. Öte yandan, BJ ve BD kodlu Nevşehir ignimbiritlerinde eksenel oran 1.2'nin altına düşmekte olup, bu grup örneklerde litik tanelerin dairesele yakın bir şekle sahip olduğu ortaya konmuştur (Şekil 3.19).

En-boy oranı (b/a) şekil parametresinde değişim aralığı 0 ile 1 arasındadır. 1'e yaklaşan değerler malzeme şeklinin yuvarlağa yaklaştığını işaret ederken, 0'a doğru örnek şeklinin uzun eksen boyutunun artmasına bağlı olarak daha merceksi yapıda olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu doğrultuda, ignimbiritlerdeki litik tanelerin en-boy oranı (b/a) değerleri BJ ve BD kodlu Nevşehir örnekleri hariç, 0.60 ile 0.80 arasındadır. BJ ve BD örneklerinde bu oran 0.80'in üzerine çıkmaktadır. Bu değerler ışığında BJ ve BD örneklerinde litik tanelerin oldukça yuvarlak şekilde olduğu anlaşılmaktadır. Diğer ignimbirit türlerinde de litik taneler ovalden daha ziyade yuvarlak şekillidir. Çok az miktarda da olsa, Kayseri ve Ahlat en-boy oranı değerleri düşmekte olup, litik tanelerin şekli yuvarlaklıktan uzaklaşmaktadır (Şekil 3.19).

Basıklık oranı (OR) şekil parametresinde ise 0'a yaklaşan değerler incelenen malzemenin şeklinin yuvarlak olduğunu göstermektedir. Bunun tersi olarak da, malzeme şekli 1'e yakın değerler için daha merceksidir. Şekil 3.11'de sunulan sütun grafiği incelendiğinde, ignimbiritlerdeki OR değerlerinin diğer şekil parametrelerine benzer şekilde BJ ve BD kodlu örnekler dışında 0.20 ile 0.40 arasında değiştiği ve yuvarlağa yakın bir şekilde oldukları görülmektedir. BJ ve BD kodlu Nevşehir ignimbiritlerinde bu değerler 0.10-0.15 civarına düşmektedir ve litik malzemeler bu örneklerde daha da yuvarlaklaşmaktadır (Şekil 3.19).

Şekil 3.20'de incelenen 16 farklı ignimbirit türü içindeki pomza tanelerinin ortalama şekil parametrelerine göre hazırlanmış sütun grafiği gösterilmektedir. Bu grafikte, litik malzeme şekil parametrelerinin tersine, pomza tanelerinin şekil parametrelerinde ignimbiritler arasında belirgin farklılıklar olduğu dikkati çekmektedir. Kayseri bölgesinden elde edilen ignimbiritlerdeki eksenel oran (a/b) değerleri incelendiğinde özellikle Sh (siyah) ve G (gri) kodlu örneklerde a/b oranının 5'in üzerine çıktığı görülmektedir. Bu değer, bu ignimbiritlerdeki pomza tanelerinin oldukça merceksi bir şekilde olduğunu işaret etmektedir (Şekil 3.23). Kayseri ignimbiritleri içerisinde en düşük eksenel oran değeri 1.62 ile Kr kodlu kırmızı renkli ignimbiritlerdir. Kayseri ignimbiritlerinde en-boy (b/a) oranı dağılımı eksenel orana benzer bir eğilim göstermektedir. En düşük en-boy oranı yine Sh ve G kodlu ignimbiritler olup, bu örneklerin ortalama en-boy oranı

0.24'tür. Kr kodlu ignimbiritlerde de 0.66 en-boy oranı değeri elde edilmiştir. Bu sonuçlar mercekli pomza tanelerinin çoğunlukla gri (G) ve siyah (Sh) renkli Kayseri ignimbiritlerinde olduğunu desteklemektedir.



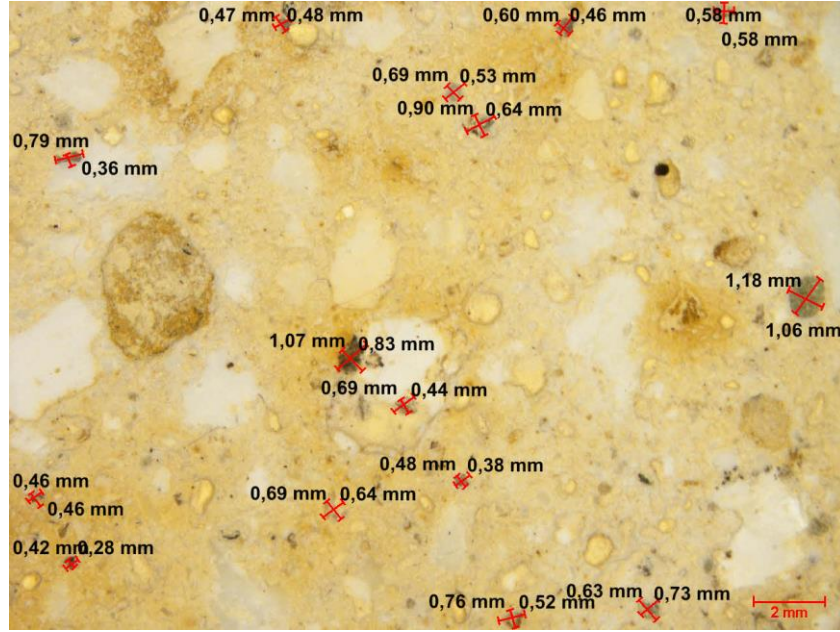
Şekil 3.23 G ve Sh kodlu Kayseri ignimbiritlerinde mercekli şekil kazanan pomza taneleri

Kayseri örneklerinin basıklık oranı (OR) değerleri incelendiğinde ignimbiritler arasındaki değerler arasında değişim aralığının çok fazla olmadığı görülmektedir. Kr kodlu örneklerde OR değeri 0.34 iken, diğer Kayseri ignimbiritlerinde basıklık oranının 0.62 ile 0.76 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek OR değerleri yine Sh ve G kodlu ignimbiritlerde olmakla birlikte, diğer ignimbiritlerin de (Kr hariç) OR değerlerinin 0.62'nin üzerindedir.

Bu araştırma kapsamında pomza taneleri için en düşük şekil parametresi değerleri Nevşehir ignimbiritlerine aittir. Kayseri ve Ahlat ignimbiritlerine göre Nevşehir ignimbiritlerinin şekil parametresi değerleri Şekil 3.12'deki sütun grafiğinden de görülebileceği oldukça düşüktür. Düşük şekil parametresi değerleri, Nevşehir ignimbiritlerindeki pomza tanelerinin daha yuvarlak şekilli olduğunu göstermektedir (Şekil 3.24). Kayseri ignimbiritlerinde eksenel oran (a/b) değeri olarak en düşük 1.62 değeri bulunmuşken, Nevşehir ignimbiritlerinde ortalama eksenel oran değerlerinin 1.47 ile 2.0 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Nevşehir ignimbiritlerinde pomza taneleri için en yüksek eksenel oran değeri BD kodlu örnekler için 2.0 olarak tespit edilmiştir. En düşük eksenel oran ise BJ kodlu Nevşehir örneklerindeki pomzalara aittir.

Nevşehir ignimbiritlerinde en-boy (b/a) oranı değerleri 0.55 ile 0.73 arasında dağılım

göstermektedir. En yüksek en-boy oranı değeri 0.73 ile BJ, en düşük değer 0.55 ile BD kodlu Nevşehir ignimbiritlerine aittir. Kayseri örneklerinde olduğu gibi Nevşehir ignimbiritlerinde de en-boy oranı değerlerinin değişim aralığı çok geniş değildir. Ancak bu değerler ile Nevşehir ignimbiritlerindeki pomza tanelerinin yuvarlağa yakın şekilli olduğu sonucu çıkarılmaktadır.



Şekil 3.24 SB kodlu Nevşehir ignimbiritlerinde yuvarlağımsı şekilli pomza taneleri

Nevşehir yöresine ait 7 adet ignimbirit örneğinin basıklık oranı (OR) değerleri incelendiğinde OR değerlerinin 0.27 ile 0.45 arasında değerler sergilediği göze çarpmaktadır. Kayseri ignimbiritleri ile karşılaştırıldığında bu OR değerleri oldukça düşüktür. Bilindiği üzere OR değerlerinin düşük olması incelenen malzeme şeklinin yuvarlağa yakın olduğunu işaret etmektedir. Diğer şekil parametresi değerlerinde olduğu gibi OR değerlerine bakılarak Nevşehir ignimbiritlerindeki pomza tanelerinin yuvarlağa yakın bir şekle sahip olduğu söylenebilir. Nevşehir ignimbiritlerinde pomza taneleri ile litik tanelerin şekil parametresi değerleri de bazı örnekler için birbirine oldukça yakındır. Örneğin SB ve GK kodlu örneklerde pomza ve litik tanelerin OR değerleri neredeyse birbirinin aynıdır. Öte yandan, BD kodlu ignimbirit örneklerinde pomza taneleri için ortalama OR değeri 0.45 olarak bulunmuşken, litik tanelerde bu oran 0.12'ye kadar düşmektedir. Buna göre, genel olarak değerlendirme yapıldığında Nevşehir ignimbiritlerinde pomza tanelerinin de litik tanelere benzer bir oranda yuvarlağa yakın bir şekli sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Şekil parametresi değerleri açısından Nevşehir ignimbiritleri hem Kayseri, hem de Ahlat ignimbiritlerine göre oldukça farklı bir

karakter sergilemektedir.

Ahlat ignimbiritlerine ait 3 farklı örnek (N-1, N-2, N-3-4) üzerinde pomza tanelerinin ortalama şekil parametresi değerleri incelenmiştir. Bu araştırma projesi kapsamında değerlendirilen tüm ignimbirit örnekleri arasında en merceksi pomza şekillerinin Ahlat ignimbiritlerinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, pomza tanelerinin boyutları da diğer ignimbiritlere oranla oldukça iridir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Ahlat ignimbiritlerinde makro ölçekte merceksi şekilli pomza taneleri

Ahlat N-1 numaralı ignimbiritlerinde ortalama eksenel oran (a/b), en-boy oranı ve basıklık oranı değerleri sırasıyla 6.96, 0.34 ve 0.66 olarak tespit edilmiştir. N-2 ignimbiritlerinde bu değerler 4.55, 0.50 ve 0.50 şeklindedir. Araştırma projesi kapsamında en yüksek ortalama eksenel oran değeri 7.65 ile N-3-4 örnek grubuna aittir. Bu örneklerde en-boy oranı 0.22, basıklık oranları ise 0.78'dir. Görsel olarak da incelenen örneklerde fark edilebilen merceksi pomza yapıları incelenen Ahlat ignimbiritleri için oldukça karakteristiktir. Elde edilen şekil parametresi değerleri de merceksi fiyam yapılarının varlığını doğrular niteliktedir. Aynı zamanda, Ahlat ignimbiritlerindeki pomza taneleri iri yapılı olup, oldukça uzamış bir yapı sergilemektedirler. Eksenel oran değerleri diğer iki bölgeden (Kayseri, Nevşehir) elde edilen ignimbiritlere göre oldukça yüksektir. Kayseri ignimbiritlerinde en yüksek eksenel oran 5.35 iken, Ahlat ignimbiritleri için N-1 ve N-3-4 örneklerinde a/b oranı 6.96'nın üzerine çıkmaktadır.

Şekil parametresi değerleri dikkate alınarak incelenen ignimbiritlerdeki pomza tanelerinin şekilleri hakkında değerlendirme yapılması gerekirse, en merceksi pomza tanelerinin Ahlat ignimbiritlerinde olduğu söylenebilir. Öte yandan, Nevşehir ignimbiritlerindeki pomza taneleri ise daha çok yuvarlağa yakın şekildedir. Bu ignimbiritlerde merceksi yapıdaki pomza tanesi miktarı oldukça düşüktür. Kayseri ignimbiritlerindeki pomzaların ise genel olarak Ahlat ignimbiritlerine benzer şekilde merceksi ve uzamış yapıda oldukları söylenebilir.

Bu araştırma kapsamında pomza ve litik tanelerin şekil parametrelerinin incelenmesinin yanı sıra, bu tanelerdeki boyut değerleri de değerlendirilmiştir. Şekil 3.21’de incelenen ignimbiritlerdeki litik tanelere, Şekil 3.22’de ise pomza tanelerine ait uzun (a) ve kısa (b) eksen uzunluklarına ait sütun grafikleri sunulmaktadır. Şekil 3.13 incelendiğinde Ahlat bölgesindeki ignimbiritlerin litik malzeme boyutlarının diğer örnek gruplarından oldukça farklı olduğu dikkati çekmektedir. Buna göre, Ahlat ignimbiritlerinde N-3-4 numaralı örneklerde ortalama uzun ve kısa eksen uzunlukları 6.23 ve 3.66 mm’ye kadar ulaşabilmektedir. Bununla birlikte, N-1 ve N-2 kodlu Ahlat ignimbiritlerinin ortalama uzun ve kısa eksen uzunlukları 2.8 ve 1.9 mm civarındadır. Ahlat ignimbiritlerinin dışındaki örneklerde eksen uzunlukları 2 mm’nin üzerine çıkamamaktadır. Kayseri ignimbiritlerinde litik malzemenin en büyük eksen uzunlukları Kr kodlu kırmızımsı renkli ignimbiritlere aittir. Bu ignimbiritteki litik tane ortalama eksen uzunlukları 1.60 ve 1.03 mm olarak belirlenmiştir. En düşük litik tane boyutu ise Sh ve S isimli örnek gruplarına aittir. Nevşehir ignimbiritlerinin litik tanelerinde eksen boyutları Kayseri ignimbiritlerinden biraz daha düşüktür. Nevşehir ignimbiritleri arasında yer alan BJ kodlu ignimbiritlerde litik tane için ortalama uzun ve kısa eksen boyutları 0.38 ve 0.34 mm olarak ölçülmüştür. Bu değer, bu araştırma içerisinde incelenen tüm örnek grupları içinde en düşük tane boyutunu ifade etmektedir. Nevşehir ignimbiritlerindeki en büyük litik taneler OH kodlu örneklerdedir (a=1.56 mm ve b=0.95 mm).

İncelenen ignimbiritlerdeki pomza tanelerinin boyutları Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Bu şekildeki sütun grafiği incelendiğinde Ahlat ve Kayseri ignimbiritlerindeki pomza tanelerinin, Nevşehir ignimbiritlerine göre belirgin şekilde iri olduğu göze çarpmaktadır. Ahlat ignimbiritleri arasında yer alan N-3-4 örnek grubunda pomza tanelerinin ortalama uzun eksen boyutu 10 mm’nin üzerine çıkabilmektedir. Aynı örneklerde ortalama kısa eksen ise 2 mm civarındadır. Diğer Ahlat ignimbiritlerinde ise uzun eksen boyutları 2.78-3.42 mm, kısa eksen boyutları da 0.65-1.05 mm arasında değişmektedir. Ahlat ignimbiritlerinden sonra pomza tane boyutlarının en büyük olduğu örnekler Kayseri ignimbiritleridir. G kodlu Kayseri ignimbiritlerinde uzun

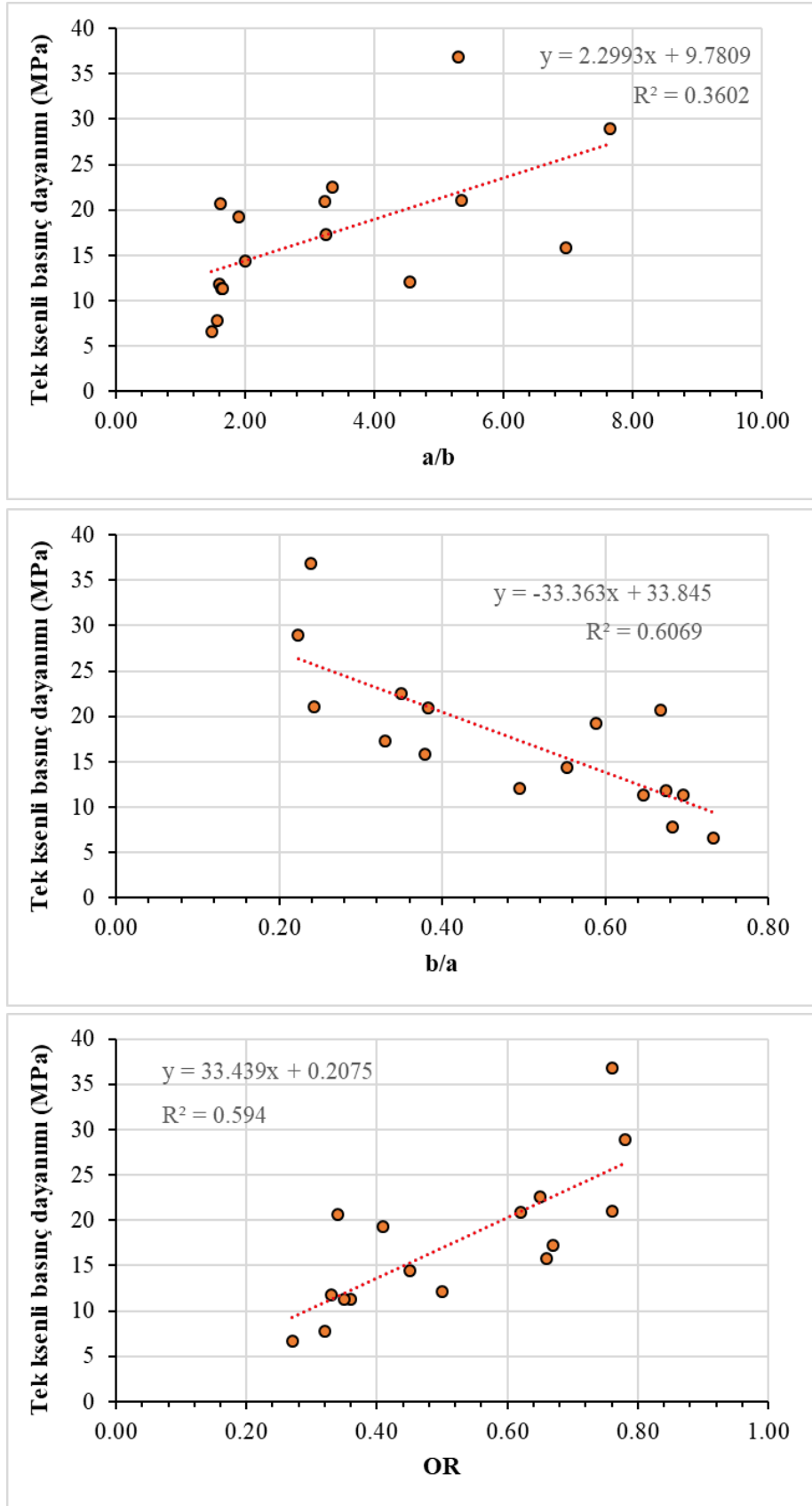
eksen boyutu 6 mm'ye yaklaşmaktadır. Aynı örnek için ortalama kısa eksen 1.21 mm'dir. Kayseri ignimbiritleri içerisinde pomza tane uzunluklarının en düşük olduğu örnek grubu S kodlu siyah renkli ignimbiritlerdir. Bu örneklerde pomzaların kısa ve uzun eksenleri sırasıyla 2.61 ve 0.93 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.22).

3.6 İgnimbiritlerin Fiziko-Mekanik Özellikleri ve İçerdikleri Pomza Tanelerinin Şekil Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Bu araştırma projesinin en önemli amaçlarından bir tanesi farklı ignimbirit örneklerindeki pomza tane şekli özellikleri ile fiziko-mekanik parametreler arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bilindiği üzere ignimbiritlerin oluşumu sırasında kaynaşma derecesi üzerinde etkili olan hususlar piroklastik malzemenin sıcaklığı ve depolanma ortamında üzerinde etkili olan örtü yükü basınçlarıdır. Depolanma aşamasında sıcaklık ve örtü yüküne maruz kalan piroklastik akıntı içerisindeki pomzalar merceksi bir şekil kazanmaktadırlar. Bu merceksi pomza yapıları fiyam olarak adlandırılmaktadır.

Bu araştırma kapsamında Kayseri, Nevşehir ve Ahlat ignimbiritlerine ait 16 farklı ignimbirit çeşidi üzerinde daha önceki bölümlerde detayları verildiği üzere fiziko-mekanik özellikler belirlenmiş ve bu ignimbiritlerdeki pomza ve diğer kayaç parçalarına ait litik tanelerin bazı şekil parametreleri belirlenmiştir. Yapılan şekil parametresi değerlendirmeleri sonucunda tüm ignimbirit gruplarındaki litik tanelerde genel olarak tane şeklinin yuvarlağa yakın bir şekilde olduğu ortaya konmuştur. Diğer bir ifade ile beklenildiği şekilde, litik tanelerde merceksi yapılar oluşmamaktadır. Öte yandan, pomza tanelerinde ise özellikle Ahlat ve Kayseri ignimbiritlerinde merceksi fiyam yapılarının varlığı net şekilde ortaya konmuştur. Nevşehir ignimbiritlerindeki merceksi pomza tanelerinin malzeme içerisindeki miktarı azdır, hem de uzama oranı (merceksi yapı kazanma oranı) incelenen diğer ignimbiritlere oranla daha azdır.

Bu bölümde pomza tanelerinin farklı şekil parametreleri ile ignimbiritlerin bazı fiziko-mekanik özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler sunulacaktır. Şekil 3.26'da ignimbiritlerdeki pomza tanelerinin tek eksenli basınç dayanımı (kuru koşul) ile farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler gösterilmiştir. Buna göre 16 adet ignimbirit türünün ortalama değerlerine göre yapılan basit regresyon analizleri neticesinde ignimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı ile eksenel oran (a/b) değerleri arasındaki belirleme katsayısı (R^2) 0.36 olarak tespit edilmiş olup, bu değer TEBD ile pomzaların eksenel oran değerleri arasında bir ilişki olmadığını işaret etmektedir.



Şekil 3.26 İğnimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı (kuru) ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

Öte yandan, ignimbiritlerin TEBD değerleri ile pomzalardaki en-boy oranı parametresi arasındaki belirleme katsayısı ise 0.61'dir. Buna göre, ignimbiritlerin TEBD ile içerdikleri pomza tanelerinin b/a oranları arasında çok yüksek olmasa da orta derecede anlamlı negatif bir ilişkiden bahsedilebilir. Buna göre, pomza tanelerinin b/a oranı azaldıkça, malzemenin TEBD artmaktadır. Benzer bir ilişki pomza tanelerindeki basıklık oranı (OR) için de elde edilmiştir. Buna göre, TEBD ile OR parametresi arasında pozitif bir ilişki mevcuttur ve bu istatistiksel ilişkiye ait belirleme katsayısı 0.59 olarak bulunmuştur.

Genel olarak değerlendirildiğinde ignimbiritlerdeki pomzaların en-boy oranı ile basıklık oranı değerleri ile tek eksenli basınç dayanımları arasında aşağıdaki eşitlikler önerilebilir.

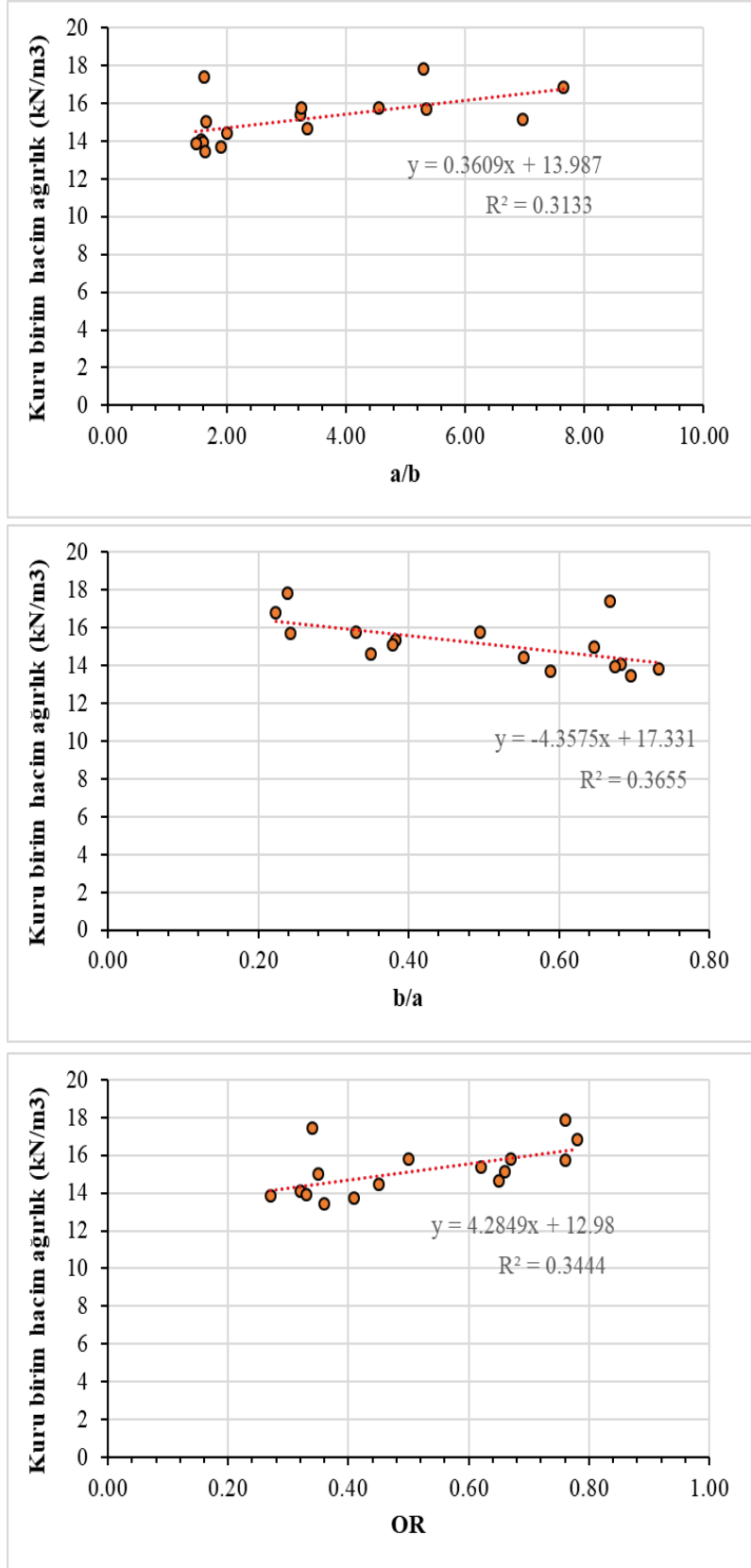
$$\sigma_c = (-33.4 \cdot EBO) + 33.9$$

$$\sigma_c = (33.4 \cdot OR) + 0.21$$

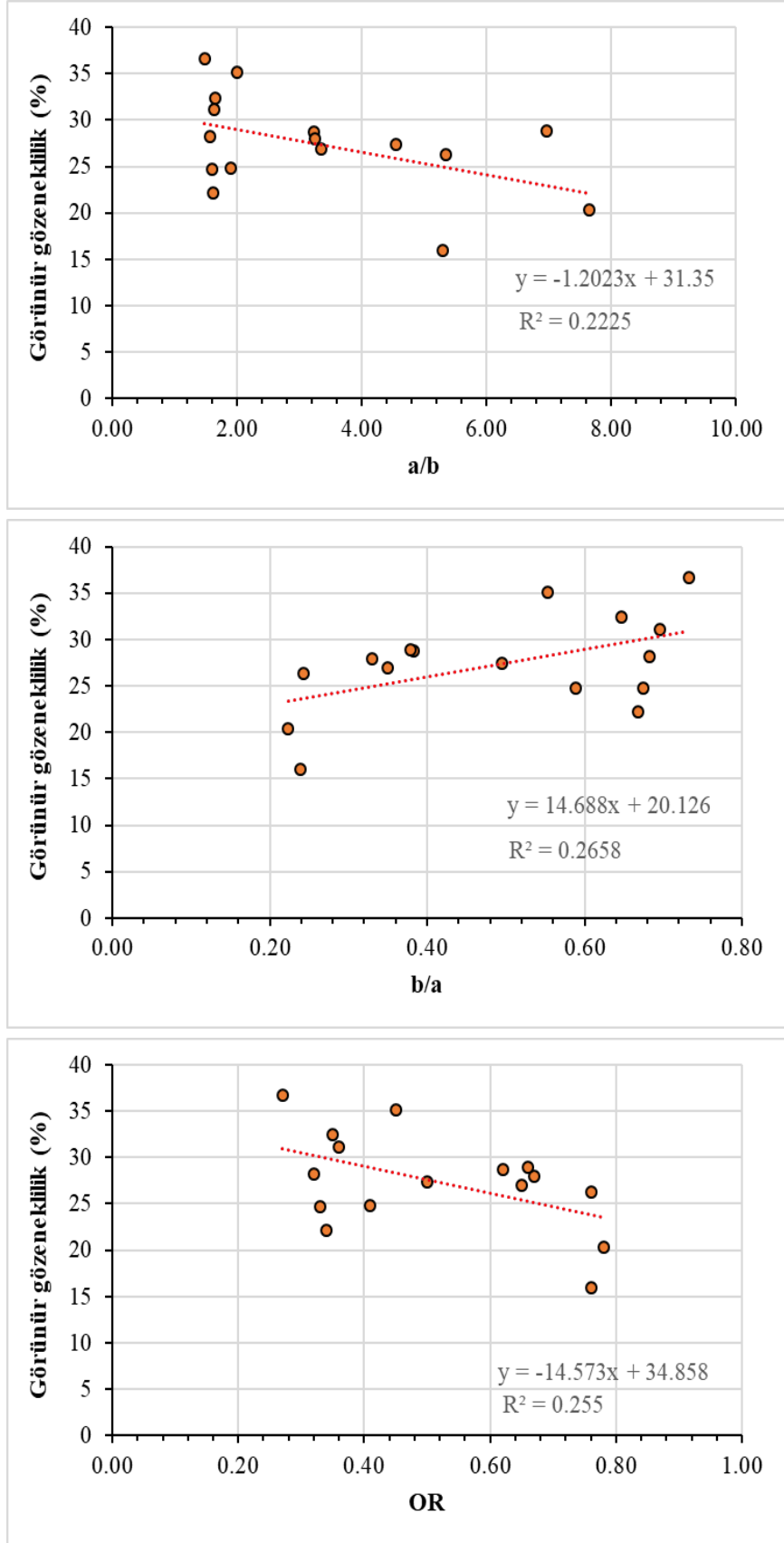
Eşitliklerde σ_c ignimbiritin tek eksenli basınç dayanımını (MPa), EBO pomza tanelerinin ortalama en-boy oranı (b/a) değerlerini ve OR basıklık oranı parametresini ifade etmektedir.

Şekil 3.27'de ignimbiritlerin kuru birim hacim ağırlıkları ile pomza tanelerinin 3 ayrı şekil parametresine göre belirlenmiş şekil oranları arasındaki istatistiksel ilişkiler sunulmaktadır. Basit regresyon analiz sonuçlarına bakıldığında ignimbiritlerdeki kuru birim hacim ağırlığı ile a/b, b/a ve OR değerleri arasındaki belirleme katsayılarının 0.31 ile 0.37 arasında değiştiği görülecektir. Bu değerler, kuru birim hacim ağırlığı ile pomza şekil parametreleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. İgnimbiritlerin genel olarak düşük birim hacim ağırlığına sahip bir kaya türü olduğu göz önüne alındığında, pomza tanelerinin şekil parametreleri ile birim hacim ağırlıkları arasında istatistiksel bir ilişki olmaması doğal görünmektedir.

Benzer sonuçlar ignimbiritlerin gözenekliliği ile pomza tanelerinin şekil parametre değerleri arasında da bulunmuştur. Şekil 3.28'den görüleceği üzere, ignimbiritlerin görünür gözenekliliği ile pomza şekil parametreleri arasındaki belirleme katsayıları 0.27'nin üzerine çıkamamaktadır. İgnimbiritlerde gözeneklilik değerleri çoğunlukla %20'lerin üzerindedir ve genel olarak çok gözenekli bir kaya birimidir. İgnimbiritlerde gözeneklilikteki azalma ile pomza tanelerinde bir yassılaşma olduğundan söz etmek mümkün görünmemektedir.



Şekil 3.27 İğnimbiritlerin kuru birim hacim ağırlığı ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler



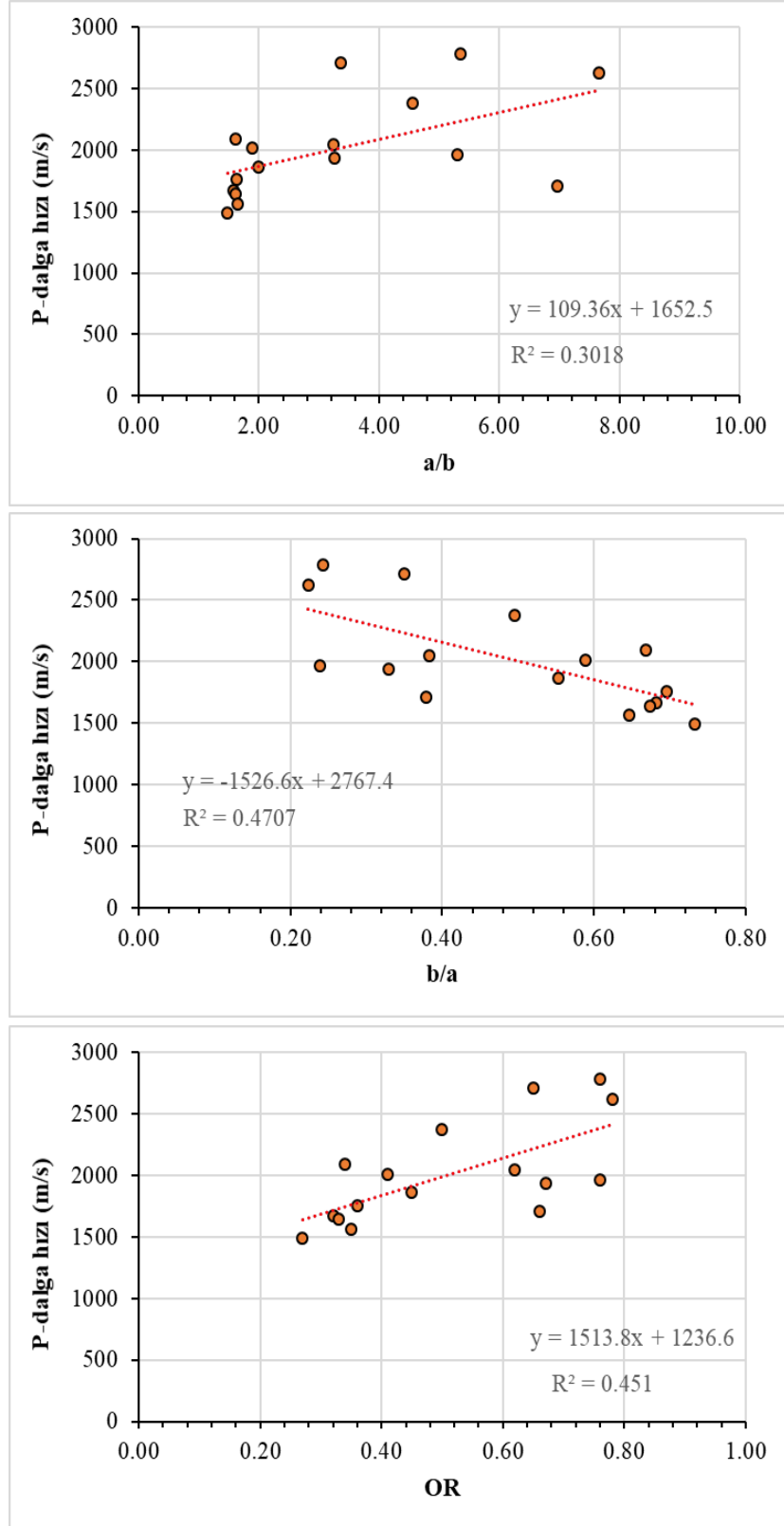
Şekil 3.28 İğnimbiritlerin görünür gözenekliliği ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

İgnimbiritlerde P-dalga hızları (kuru koşul) ile pomza şekil parametreleri arasındaki istatistiksel grafikler Şekil 3.29'da verilmektedir. İgnimbiritlerinin P-dalga iletim hızı ile pomza tanelerinin eksenel oranları arasındaki belirleme katsayısı 0.30 gibi düşük bir değer olarak bulunmuştur. Öte yandan, b/a ve OR oranları ile P-dalga hızı arasındaki belirleme katsayıları bir miktar daha yüksektir. Pomza tanelerinin en-boy oranları ile P-dalga hızı arasındaki negatif ilişkiye ait belirleme katsayısı 0.47 iken, basıklık oranındaki değer 0.45'tir. Bu değerler, tam olarak anlamlı bir ilişki ifade etmemekle birlikte, P-dalga hızının kuru birim hacim ağırlık ve gözenekliliğe oranla daha yüksek bir ilişki sunduğu söylenebilir.

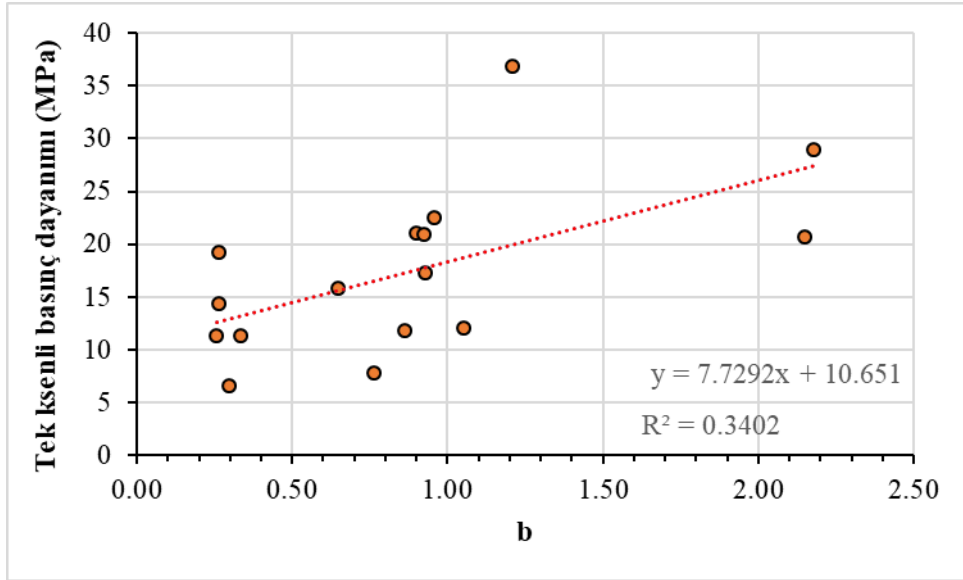
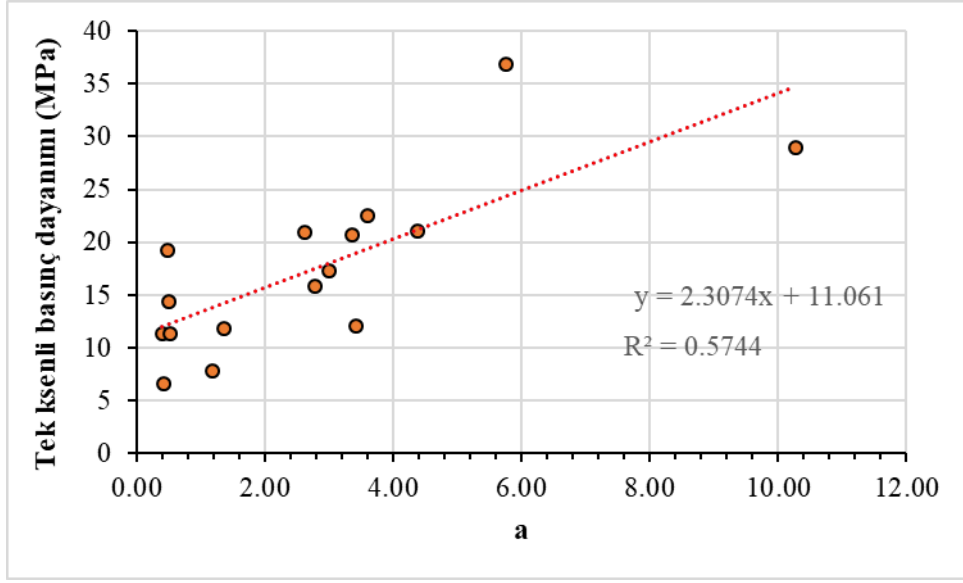
Gerçekleştirilen basit regresyon analizleri sonucunda ignimbiritlerin fiziko-mekanik özellikleri ile pomza tanelerinin şekil parametreleri arasındaki en anlamlı ilişkilerin tek eksenli basınç dayanımı ile en-boy ve basıklık oranı değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, P-dalga hızı ile aynı şekil parametresi değerleri arasında ise çok az derecede anlamlılıktan söz edilebilir. Edinilen bu veriler ışığında, pomza tanelerinin uzun (a) ve kısa (b) eksen uzunlukları ile tek eksenli basınç dayanımı (kuru) ve P-dalga hızı (kuru) arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

Şekil 3.30'da TEBD ile pomza uzun ve kısa eksen boyutları arasındaki istatistiksel ilişki gösterilmektedir. İgnimbiritlerde pomza tanelerinin uzamış yapı kazanmasındaki en önemli neden basınç ve sıcaklıktır. Bu amaçla ignimbiritlerdeki eksen boyutlarının dayanım ile ilişkisine bakıldığında TEBD ile ignimbiritlerdeki pomza tanelerinin uzun eksen boyutları arasındaki belirleme katsayısının 0.57, kısa eksen için belirleme katsayısının ise 0.34 olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ignimbiritlerdeki dayanım ile pomza uzun eksen boyutu arasında kısmen anlamlı bir ilişki olduğu sonucunu işaret etmektedir. Öte yandan, tane kısa eksen boyutu ile aynı oranda bir ilişki tespit edilememiştir. Pomza tanelerinin uzun eksen boyutlarının TEBD ile olan anlamlılığı, pomza şekil parametre oranlarındaki (b/a ve OR) ilişkiye (0.60-0.59) benzerdir.

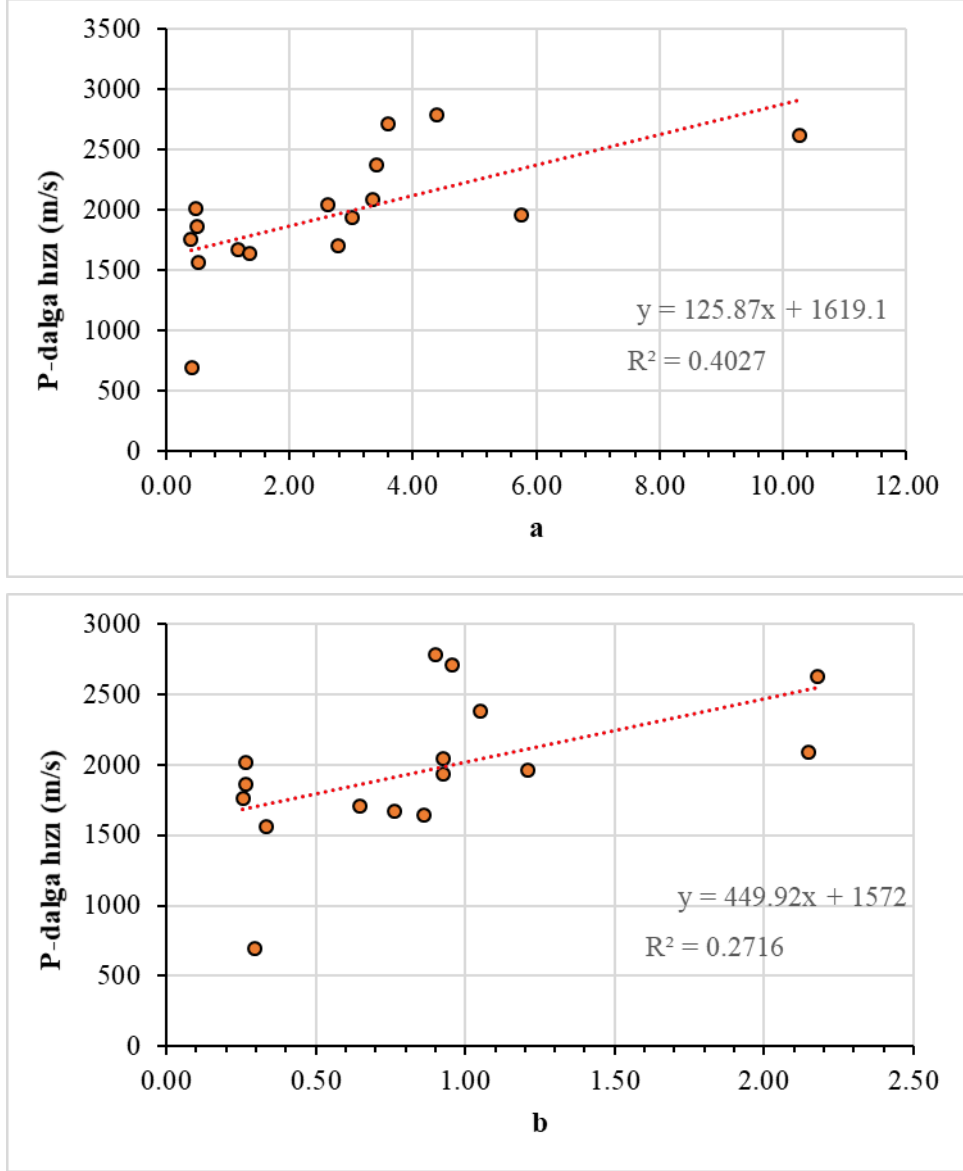
Pomza tane eksen uzunlukları ile P-dalga hızı arasındaki istatistiksel ilişkiler Şekil 3.31'de sunulmaktadır. Belirleme katsayıları göz önüne alındığında, P-dalga hızı ile pomza eksen uzunlukları arasındaki ilişki oranı daha düşüktür. Pomza uzun eksen boyutu ile P-dalga hızı arasındaki belirleme katsayısı 0.40 iken, bu değer kısa eksen için 0.27'ye düşmektedir. Bu sonuçlara göre ignimbiritlerdeki P-dalga hızı iletim hızı ile pomza tanelerindeki uzamayı da ifade eden uzun eksen boyutları ile düşük derecede bir ilişkiden söz edilebilir. Buna göre P-dalga hızı (V_p) ile uzun eksen (a) arasındaki eşitlik $V_p = 125.87 \cdot a + 1619.1$ şeklinde yazılabilir.



Şekil 3.29 İğnimbiritlerin P-dalga hızı (kuru) ile pomza tanelerindeki farklı şekil parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler



Şekil 3.30 İğnimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı (kuru) ile pomza tanelerindeki uzun eksen (a) ve kısa eksen (b) boyutları (mm) arasındaki istatistiksel ilişkiler



Şekil 3.31 İğnimbiritlerin P-dalga hızı (kuru) ile pomza tanelerindeki uzun eksen (a) ve kısa eksen (b) boyutları (mm) arasındaki istatistiksel ilişkiler

3.7 İğnimbiritlerdeki Kaynaşma Derecesinin Değerlendirilmesi ve Kaynaşma Sınıflaması

Bu araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin kaynaşma dereceleri Quane ve Russell (2005) tarafından önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması yardımıyla değerlendirilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere, söz konusu sınıflama sistemi altı farklı kaynaşma derecesi sınıfı içermekte olup, sınıflamada kullanılabilecek farklı fiziko-mekanik parametrelere ait değişim aralıkları sunulmuştur. Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasında I nolu sınıf kaynaşmamış ignimbiritleri tanımlarken, IV nolu sınıf çok iyi derecede kaynaşmış ignimbiritleri

ifade etmektedir. Buna göre, bu araştırma kapsamında incelenen 16 farklı ignimbirit türü için tek eksenli basınç dayanımı (kuru), birim hacim ağırlığı (kuru) ve pomza tanelerine ait basıklık oranı (OR, sınıflamada OB olarak belirtilmektedir) değerleri kullanılarak yapılan kaynaşma derecesi sınıflamaları Çizelge 3.10'te verilmektedir.

Çizelge 3.10 Araştırma kapsamında incelenen ignimbirit örneklerinin kaynaşma derecelerinin ortalama TEBD, birim hacim ağırlığı ve OR parametrelerine göre Quane ve Russell (2005) sınıflaması yardımıyla sınıflandırılması

Lokasyon	Örnek Kodu	TEBD (MPa)	Kaynaşma derecesi sınıfı	Birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	Kaynaşma derecesi sınıfı	OR	Kaynaşma derecesi sınıfı
KAYSERİ	Sh	21.05	III	15.71	II	0.76	III
	Kh	22.52	IV	14.64	II	0.65	II
	Kr	20.35	III	17.42	III	0.34	I
	S	20.92	III	15.37	II	0.62	II
	G	36.84	IV	17.84	III	0.76	IV
	B	17.26	III	15.78	II	0.67	II-III
NEVŞEHİR	SB	7.77	II	14.08	II	0.32	I
	GK	11.78	III	13.93	II	0.33	I
	OH	19.24	III	13.71	II	0.41	I
	KV	11.3	III	13.45	II	0.36	I
	DT	11.34	III	15.00	II	0.35	I
	BJ	6.64	II	13.86	II	0.27	I
	BD	14.41	III	14.44	II	0.45	I
AHLAT	N-1	15.78	III	15.13	II	0.66	II
	N-2	12.1	III	15.77	II	0.5	I
	N-3-4	28.92	II	16.82	III	0.78	IV

Çizelge 3.10 incelendiğinde Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasına göre tek eksenli basınç dayanımı parametresi dikkate alındığında çoğu ignimbirit örneğinin III derece kaynaşma sınıfında olduğu görülmektedir. Sadece Kayseri ignimbiritlerinden Kh ve G kodlu örneklerin IV derece kaynaşma derecesine sahip olduğu belirlenmiştir. Nevşehir örnekleri, oldukça düşük dayanıma sahip olmasına rağmen, çoğu Nevşehir ignimbiriti dayanım dikkate alınarak yapılan kaynaşma sınıflamasında Ahlat ve Kayseri örnekleri ile aynı kaynaşma sınıfı

içinde yer almaktadır.

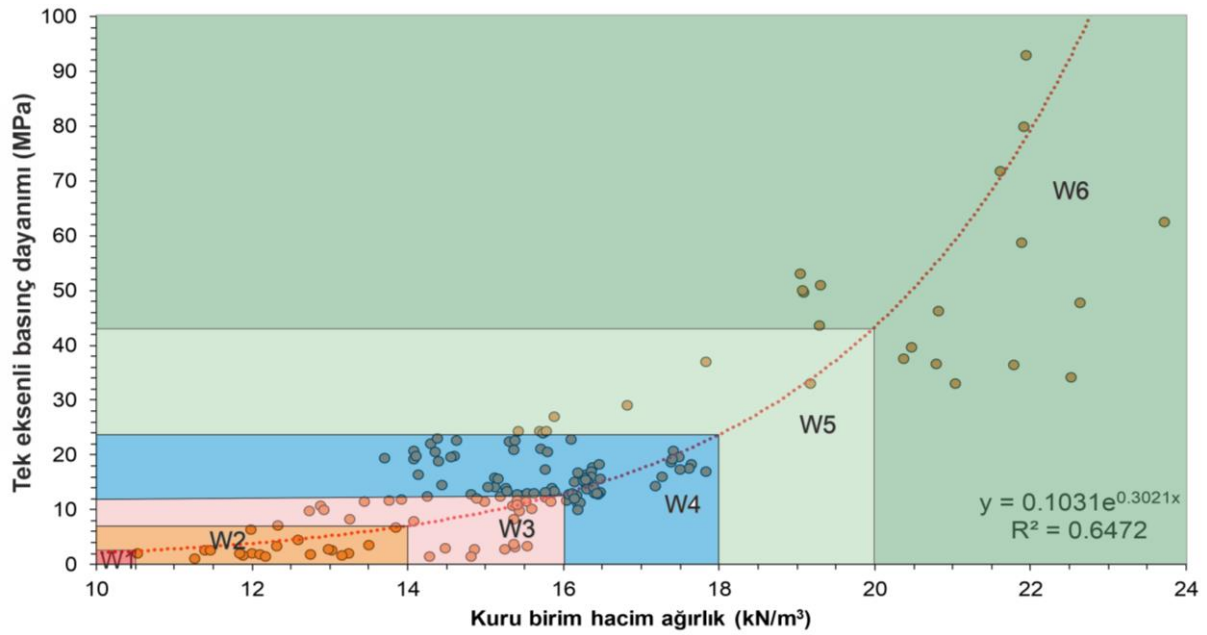
Öte yandan, birim hacim ağırlıklar açısından değerlendirildiğinde araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin daha düşük kaynaşmayı ifade eden II nolu kaynaşma sınıfında olduğu göze çarpmaktadır. Oysa genel olarak değerlendirildiğinde incelenen örnekler arasında gerek dayanım ve gerekse birim hacim ağırlık değerleri açısından bariz farklılıklar bulunmaktadır. Birim hacim ağırlık açısından ele alındığında, sadece Kr ve G kodlu Kayseri ignimbiritleri ile Ahlat N-3-4 örnekleri III nolu kaynaşma derecesindedir. Birim hacim ağırlığı değerlerine göre Quane ve Russell (2005) sınıflamasında incelenen ignimbiritler bir düşük kaynaşma sınıfında çıkmaktadırlar.

Basıklık oranı (OR) parametresi kullanılarak yapılan kaynaşma derecesi sınıflamasında Kayseri ignimbiritleri I, II, III ve IV nolu kaynaşma sınıflarında çıkmaktadır. Öte yandan, Nevşehir ignimbiritlerinin tamamı I nolu kaynaşma sınıfındadır. Sınıflamaya göre I nolu kaynaşma derecesi gevşek, çok az tutturulmuş, kıymıklar arasında çok az bir bağın bulunduğu ignimbiritleri tanımlamaktadır. Ahlat ignimbiritleri ise OR değerlerine göre I, II ve IV nolu kaynaşma sınıfındadır. Genel olarak tüm örnekler için en düşük kaynaşma derecesi OR parametresine göre elde edilmiştir.

Çizelge 3.10'dan görülebileceği üzere, Quane ve Russell (2005) tarafından önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasına göre bu araştırma kapsamında incelenen 16 farklı ignimbirit türünün farklı parametrelere göre farklı kaynaşma derecesi sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Öte yandan, kuru birim hacim ağırlığı dikkate alınarak belirlenen kaynaşma sınıfları tüm örnek grupları için neredeyse aynıdır (II. kaynaşma derecesi). Öte yandan, tek eksenli basınç dayanımı değerleri dikkate alındığında ise oldukça düşük dayanıma sahip olan Nevşehir ignimbiritleri ile diğer bölgelere ait birçok ignimbirit türünün aynı kaynaşma derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Nevşehir ignimbiritleri belirgin şekilde diğer iki bölgeye ait ignimbiritlere göre daha düşük kaynaşma özelliği sergilemektedir. Bu durum, Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasının bazı sınırlamalar içerdiğinin bir işaretidir. Bununla birlikte, özellikle I. kaynaşma derecesi sınıfına ait bazı parametre değerleri II. kaynaşma derecesine ait parametre sınırları içerisine de girmektedir. Örneğin I. kaynaşma derecesi tek eksenli basınç dayanımı 4.4. MPa'dan daha düşük örneklerle temsil edilirken, II. kaynaşma derecesinde de tek eksenli basınç dayanım aralığı 1.8-9.8 MPa'dır. Bu durum, değerlendirmeler açısından sıkıntı yaratmaktadır.

Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasındaki sınırlamalar dikkate alınarak, bu

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, Kemikkıran (2019) ve Gürbüz (2019) tarafından hazırlanan tezlere ait deneysel veriler ile birlikte Kayseri yöresindeki ignimbiritler üzerinde tarafımızca yapılan laboratuvar deney verileri kullanılarak bu araştırma sonucunda ignimbiritler için bir kaynaşma derecesi sınıflaması önerilmiştir. Bu sınıflamada “tek eksenli basınç dayanımı ve kuru birim hacim ağırlığı” değerleri kullanılarak ignimbiritlerin kaynaşma derecesi belirlenebilmektedir (şekil 3.32). Sınıflama W1-W6 arasında değişen altı farklı kaynaşma derecesi içermektedir.



şekil 3.32 Bu alışma kapsamında ignimbiritler için önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması

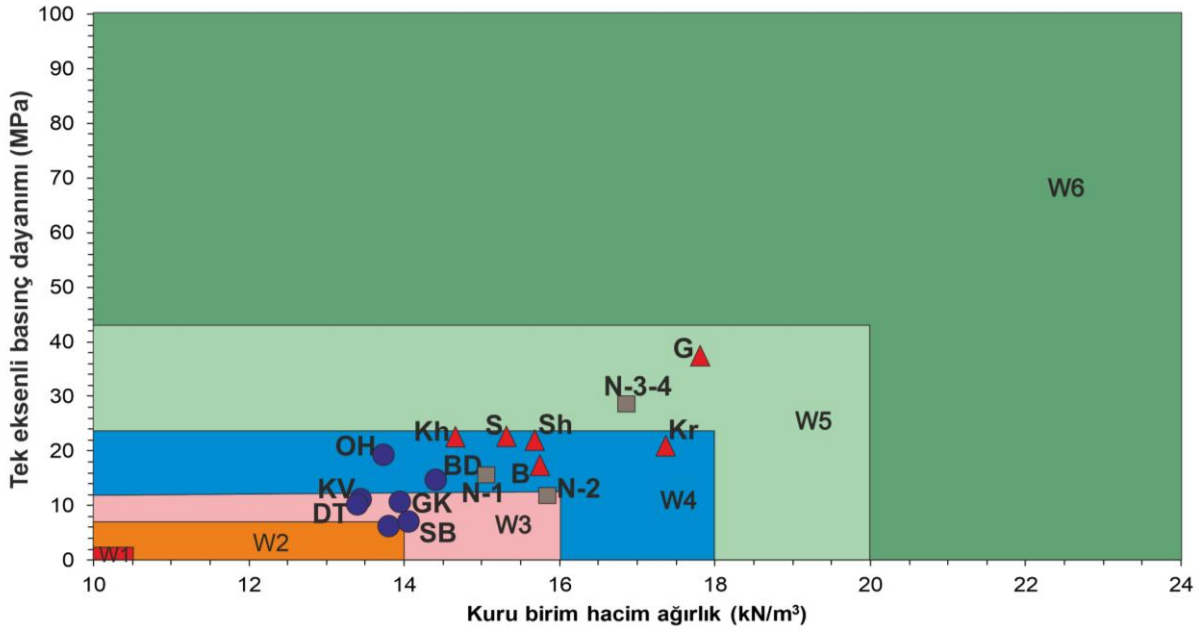
Bu araştırma kapsamında önerilen kaynaşma derecesine ait altı adet kaynaşma sınıfına ait parametre aralığı değerleri, Quane ve Russell (2005) sınıflamasına ait değer aralıkları ile karşılaştırmalı olarak izelge 3.11’de sunulmaktadır. İki sınıflamaya ait sınır değerler incelendiğinde belirgin farklılıklar olduğu göze çarpmaktadır. Bu alışma kapsamında önerilen ignimbirit kaynaşma sınıflamasında tek eksenli basınç dayanımı 2.5 MPa’dan daha düşük ignimbiritler kaynaşmamış (W1) olarak sınıflandırılmışlardır. Quane ve Russell (2005) sınıflamasında da I nolu kaynaşma derecesi kaynaşmamış ignimbiritleri temsil etmektedir. Bu çalışmada önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması ile Quane ve Russell (2005) sınıflaması arasındaki belirgin bir farklılık sınıf aralıklarıdır. Bu araştırmada önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasında W1-W4 kaynaşma derecesi aralığında sınır aralık değerleri daha darken, Quane

ve Russell (2005) sınıflamasında W4 nolu kaynaşma derecesi sınıfının üst sınırı 53.2 MPa'a kadar çıkabilmektedir. Aynı sınıflamada W4 kaynaşma derecesi için kuru birim hacim ağırlık üst sınırı 2.15 gr/cm³'tür. Ancak, ignimbiritler yapısı itibari ile genel olarak düşük dayanımlı ve düşük birim hacim ağırlıklı kaya olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu nedenle, ignimbiritlerde bu kadar yüksek dayanımlar ve birim hacim ağırlıklar, ileri derecede kaynaşmanın bir sonucudur. Bu nedenle bu çalışma kapsamında önerilen kaynaşma sınıflarının daha anlamlı sınır değer aralıkları içerdiği düşünülmektedir.

Çizelge 3.11 Bu araştırma kapsamında önerilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıf aralıklarının Quane ve Russell (2005) sınıflaması ile karşılaştırılması

Kaynaşma derecesi	Bu araştırma			Kaynaşma derecesi	Quane ve Russell (2005)	
	Tanım	UCS (MPa)	γ_k (kN/m ³)		UCS (MPa)	γ_k (gr/cm ³)
W1	Kaynaşmamış	<2.5	<10.5	I	<4.4	<1.45
W2	Çok az derecede kaynaşmış	2.51-7.5	10.51-14.0	II	1.8-9.8	1.25-1.65
W3	Az derecede kaynaşmış	7.51-12.0	14.1-16.0	III	9.8-21.4	1.65-1.85
W4	Orta derecede kaynaşmış	12.1-24.0	16.1-18.0	IV	21.4-53.2	1.85-2.15
W5	İyi derecede kaynaşmış	24.1-43.0	18.1-20.0	V	53.2-80.2	2.15-2.3
W6	Çok iyi derecede kaynaşmış	>43.1	>20.1	VI	>80.2	>2.3

Şekil 3.33 ve Çizelge 3.12'de incelenen 16 ignimbirit türünün, önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması üzerinde gösterimi ve kaynaşma derecesi sınıfları sunulmaktadır. Buna göre Kayseri ignimbiritleri G kodlu ignimbiritler hariç W4 nolu orta derecede kaynaşmış ignimbirit olarak sınıflandırılmaktadır. G kodlu Kayseri ignimbiriti ise iyi derecede kaynaşmıştır. Daha düşük dayanımlı Nevşehir ignimbiritleri ise çoğunlukla az derecede kaynaşmıştır (W3 kaynaşma sınıfı). Nevşehir ignimbiritlerinden sadece BD kodlu olan ignimbiritler orta derecede kaynaşmıştır. Ahlat ignimbiritleri ise W3 ile W5 arasında değişen kaynaşma derecelerine sahiptir. N-3-4 ignimbiritleri iyi derecede kaynaşmış (W5) durumda iken, N-1 ignimbiriti orta derecede kaynaşmıştır (W4). Ahlat ignimbiritleri arasında en düşük kaynaşma derecesi N-2 numaralı ignimbiritlerde olup, bu ignimbiritler az derecede kaynaşmış (W3) durumdadır.



Şekil 3.33 Araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin bu çalışma kapsamında önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması üzerinde gösterimi

Çizelge 3.12 Araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerin bu çalışma kapsamında önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasına göre kaynaşma derecesi sınıfları

Lokasyon	Örnek kodu	Kaynaşma derecesi sınıfı	Kaynaşma derecesi tanımı
KAYSERİ	Sh	W4	Orta derecede kaynaşmış
	Kh	W4	Orta derecede kaynaşmış
	Kr	W4	Orta derecede kaynaşmış
	S	W4	Orta derecede kaynaşmış
	G	W5	İyi derecede kaynaşmış
	B	W4	Orta derecede kaynaşmış
NEVŞEHİR	SB	W3	Az derecede kaynaşmış
	GK	W3	Az derecede kaynaşmış
	OH	W4	Orta derecede kaynaşmış
	KV	W3	Orta derecede kaynaşmış
	DT	W3	Az derecede kaynaşmış
	BJ	W3	Az derecede kaynaşmış
	BD	W4	Orta derecede kaynaşmış
AHLAT	N-1	W4	Orta derecede kaynaşmış
	N-2	W3	Az derecede kaynaşmış
	N-3-4	W5	İyi derecede kaynaşmış

Son olarak, ignimbiritlerdeki kaynaşma derecesi ile pomza tanelerinin basıklık oranı (OR) arasındaki ilişkinin ortaya konması amacıyla, önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasındaki kaynaşma sınıfları için basıklık oranı değerlerinin sınır değerleri Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de

sunulan istatistiksel ilişkiler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Buna göre, bu araştırma kapsamında önerilen ignimbirit kaynaşma sınıfları için pomza tanesi basıklık oranı (OR) dağılımları Çizelge 3.13’de verilmiştir. Çizelge 3.13’de sunulan OR değer aralıkları dikkate alınarak incelenen ignimbiritlerin OR değerlerine göre yapılan kaynaşma derecesi sınıflaması, tek eksenli basınç dayanımı ve kuru birim hacim ağırlık kullanılarak yapılan sınıflama ile beraber Çizelge 3.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.13 Önerilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıfları için pomza tanesi basıklık oranı (OR) değerlerinin sınır değerleri

Kaynaşma derecesi	Tanım	Basıklık oranı (OR)
W1	Kaynaşmamış	<0.09
W2	Çok az derecede kaynaşmış	0.091-0.21
W3	Az derecede kaynaşmış	0.211-0.35
W4	Orta derecede kaynaşmış	0.351-0.71
W5	İyi derecede kaynaşmış	0.711-0.8
W6	Çok iyi derecede kaynaşmış	>0.81

Çizelge 3.14 İncelenen ignimbiritlerin basıklık oranı (OR) parametresine göre kaynaşma derecesi sınıfları

Lokasyon	Örnek kodu	UCS ve γ_k değerlerine göre kaynaşma derecesi	OR parametresine göre kaynaşma derecesi
KAYSERİ	Sh	W4	W5
	Kh	W4	W4
	Kr	W4	W3
	S	W4	W4
	G	W5	W5
	B	W4	W4
NEVŞEHİR	SB	W3	W3
	GK	W3	W3
	OH	W4	W4
	KV	W3	W4
	DT	W3	W3
	BJ	W3	W3
	BD	W4	W4
AHLAT	N-1	W4	W4
	N-2	W3	W4
	N-3-4	W5	W5

Çizelge 3.9 incelendiğinde, ignimbiritler için önerilen kaynaşma derecesi sınıflaması yardımıyla (tek eksenli basınç dayanımı ve kuru birim hacim ağırlık parametreleri kullanılarak) belirlenen

kaynaşma derecesi sınıfları ile pomza tanelerinin basıklık oranı (OR) değerlerinin farklı kaynaşma derecesindeki sınır değerleri kullanılarak yapılan sınıflama arasında büyük oranda benzerlik olduğu görölmektedir. İncelenen 16 adet ignimbirit türünden 12 tanesinde UCS ve γ_k değerlerine bağlı kaynaşma derecesi ile basıklık oranı değerleri dikkate alınarak ortaya konan kaynaşma derecesi uyum göstermektedir. Bu durum önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasının Quane ve Russell (2005) kaynaşma sınıflamasına oranla daha anlamlı sonuçlar sunduğu ortadadır. Çizelge 3.5'te tek eksenli basınç dayanımına göre III. kaynaşma derecesinde olan ignimbirit örneği, basıklık oranı değerine göre kaynaşma derecesi I olmaktadır. Oysa bu çalışma kapsamında önerilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıflamasında farklı parametrelere göre yapılan kaynaşma derecesi değerlendirmeleri arasında büyük oranda uyum olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu proje çalışması kapsamında Türkiye’de ignimbirit kayaçlarının yaygın olarak gözlemlendiği üç farklı yöreden (Kayseri, Nevşehir, Ahlat) temin edilen farklı renk, doku, dayanım özellikleri sunan örneklerin petrografik, jeokimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş olup, aynı örneklerin içerdiği pomza ve litik tanelerin farklı şekil parametresi değerlendirme yöntemlerine göre şekil oranları ortaya konmuştur. Araştırmanın en önemli amacı olarak, ignimbiritlerin kaynaşma derecesi ile litik malzeme şekli (özellikle pomza taneleri) arasındaki ilişkiler fiziko-mekanik özellikler ve şekil parametresi değerlerine göre incelenmiştir.

Yapılan petrografik incelemeler sonucunda, incelenen ignimbiritlerin bölgesel olarak bileşen (fenokristal, litik ve pomza parçaları ve volkan camı) ve bu bileşenlerin bollukları bakımından farklılar sunduğu tespit edilmiştir. İncelenen ignimbiritlerin tamamı hipohiyalin porfirik dokuya sahiptir. Cam bileşeni olarak volkanik cam kıymıkları (shard) ve/veya pomza parçaları içerir. Schmid (1981) sınıflamasına göre, Kayseri bölgesindeki ignimbiritlerden Sh, Kh, S, B ve G örnekleri “vitrik tüf”, Kr örneği ise “litik tüf” olarak sınıflandırılmıştır. Benzer olarak, Nevşehir bölgesindeki ignimbiritlerin (SB, GK, BJ, OK, KV, DT ve BD) tamamı “vitrik tüf” olarak sınıflandırılmıştır. Son olarak, Ahlat ignimbiritleri Schmid (1981) sınıflamasına göre, “vitrik tüf”tür. Kayseri ve Ahlat bölgesindeki pomza taneleri genellikle fiamme yapıları sunmaktadır.

Jeokimyasal analizler sonucunda toplam alkaliye ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) karşı SiO_2 diyagramında (Middlemost, 1994), Kayseri ignimbiritleri andezit (Kr), trakidasit (S, Kh ve B) ve riyolit (S ve G) alanlarına düşmektedir. Ahlat ignimbiritleri trakiandezit (N1 ve N2) ve riyolit (N3) bileşimindedir. Nevşehir bölgesine ait ignimbiritler ise farklı bileşimler sergilemektedir. Kavak ignimbiriti dasit ve trakidasit (KV) ve riyolit (OH) bileşimindedir. Pomza tanelerince zengin Kavak ignimbiritlerinin çoğunluğu dasit-riyolit-sileksit (SB, GK ve BJ) alanlarına düşer. Damsa (DT) ve Kızılkaya (BD) örnekleri ise trakidasit ve riyolit bileşimine sahiptir.

Kayseri, Nevşehir ve Ahlat çevresinden elde edilen farklı renk ve doku özellikleri gösteren ignimbirit örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemeye yönelik kuru ve doymun birim hacim ağırlığı, kütlece su emme ve gözeneklilik yüzdesi, kuru ve doymun koşullarda P-dalga hızı ölçümleri ve dayanım değerlerinin ortaya konması amacıyla yine kuru ve doymun koşullarda tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bununla birlikte, ignimbiritlerin fiziko-mekanik özelliklerine ait bazı değerler, Bostancı (2016) ve Çadır (2018)’e ait tez çalışmalarından alındığından, doymun koşullardaki bazı değerler tespit edilememiştir.

ANON (1979) sınıflamasına göre bu araştırma kapsamında incelenen tüm ignimbiritlerin “çok düşük” birim hacim ağırlık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kayseri ve Ahlat yöresine ait ignimbiritlerin kuru ve doygun birim hacim ağırlığı değerleri birbirine daha yakındır. Nevşehir yöresindeki ignimbiritlerin ise daha düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Tüm bu değerler ışığında, Kayseri ve Ahlat ignimbiritlerinin ANON (1979) sınıflamasına göre “yüksek”, Nevşehir ignimbiritlerinin ise “çok yüksek” gözenekliliğe sahip olduğu ortaya konmuştur. ANON (1979) sınıflamasına göre, P-dalga hızı 2500 m/s’nin altında olan tüm örnekler “çok düşük” P-dalga hızına sahip kaya birimleri olarak sınıflandırılmıştır. P-dalga hızı 2500 m/s’nin üzerindeki Sh, Kh (Kayseri) ve N-3-4 (Ahlat) kodlu ignimbiritler ise “düşük” P-dalga hızına sahip kaya sınıfındadır. Kayseri ignimbiritleri ANON (1979) sınıflamasına göre “orta dayanımlı” kaya sınıfına girmektedir. Nevşehir ve Ahlat ignimbiritlerinin OH, N-1 ve N-3-4 kodlu örnekler hariç, ANON (1979)’a göre “zayıf dayanımlı” kaya olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Diğer üç örnek ise orta dayanımlıdır.

Öte yandan, Kayseri ignimbiritlerinin bazı örneklerinde doygun koşullarda %30’un üzerinde dayanım kaybı olduğu belirlenmiştir. Nevşehir ignimbiritlerinden KV kodlu örnekte de doygun koşullarda σ_c önemli ölçüde azalmıştır. Ahlat ignimbiritlerinde ise kuru ve doygun koşullar altında dayanımda önemli bir azalma olmadığı görülmektedir. Bu bulgular, özellikle Kayseri ve Nevşehir ignimbiritlerinin su ile temas halinde dayanımlarını önemli ölçüde yitirebileceklerini işaret etmektedir.

Kayseri, Nevşehir ve Ahlat bölgesine ait 16 farklı ignimbirit türü için, içerdikleri pomza ve litik tanelerinin en düşük, en yüksek ve ortalama uzun eksen (a), kısa eksen (b) uzunlukları belirlenmiş ve bu boyutlara göre eksenel oran (a/b), en-boy oranı (b/a) ve basıklık oranı (OR) $[1-(b/a)]$ değerleri hesaplanmıştır. İncelenen ignimbiritler içerisindeki farklı kayaç parçalarına ait litik tanelerin şekil parametresi değerlerinin değişik ignimbirit türleri için önemli oranda değişmemektedir. Örneğin eksenel oran (a/b) değerlerine bakıldığında çoğu ignimbirit türü için bu değer (BJ, BD, GK, S ve N-3-4 hariç) 1.40 ile 1.60 arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre, araştırma kapsamında incelenen ignimbiritlerdeki pomza haricindeki litik tanelerin çoğunlukla yuvarlağımsı bir şekle sahip olduğu söylenebilir. Diğer bir ifade ile sıcaklık ve basınç koşullarına bağlı olarak farklı kaynaşma değerlerine sahip olan ignimbiritlerde farklı kayaç parçalarına ait litik tanelerin beklenildiği şekilde yassılaştığı sonucuna varılmıştır.

Litik tanelerin tersine, ignimbiritler içindeki pomza tanelerinin şekil parametresi değerleri dikkate alındığında, en mercekli pomza tanelerinin Ahlat ignimbiritlerinde olduğu söylenebilir.

Öte yandan, Nevşehir ignimbiritlerindeki pomza taneleri ise daha çok yuvarlağa yakın şekildedir. Bu ignimbiritlerde merceksi yapıdaki pomza tanesi miktarı oldukça düşüktür. Kayseri ignimbiritlerindeki pomzaların ise genel olarak Ahlat ignimbiritlerine benzer şekilde merceksi ve uzamış yapıda oldukları söylenebilir.

Bu araştırma kapsamında pomza tanelerinin farklı şekil parametreleri ile ignimbiritlerin bazı fiziko-mekanik özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenmiştir. Yapılan bu istatistiksel değerlendirmeler neticesinde en anlamlı sonuçlar ignimbiritlerin kuru koşullardaki tek eksenli basınç dayanımı ile pomzaların en-boy oranı ve basıklık oranı şekil parametreleri arasında elde edilmiştir. İgnimbiritlerin TEBD değerleri ile pomzalardaki en-boy oranı parametresi arasındaki belirleme katsayısı ise 0.61'dir. Bu durumda, ignimbiritlerin TEBD ile içerdikleri pomza tanelerinin b/a oranları arasında çok yüksek olmasa da orta derecede anlamlı negatif bir ilişkiden bahsedilebilir. Diğer bir ifadeyle, pomza tanelerinin b/a oranı azaldıkça, malzemenin TEBD artmaktadır. Benzer bir ilişki pomza tanelerindeki basıklık oranı (OR) için de elde edilmiştir. Buna göre, TEBD ile OR parametresi arasında pozitif bir ilişki mevcuttur ve bu istatistiksel ilişkiye ait belirleme katsayısı 0.59 olarak bulunmuştur. Öte yandan, ignimbiritlerdeki kuru birim hacim ağırlığı ve P-dalga hızı değerleri ile pomza tanelerinin şekil parametreleri arasında çok anlamlı ilişkiler elde edilememiştir.

İncelenen 16 farklı ignimbirit türü için tek eksenli basınç dayanımı (kuru), birim hacim ağırlığı (kuru) ve pomza tanelerine ait basıklık oranı (OR) değerleri kullanılarak Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesine sınıflamasına göre yapılan değerlendirme sonucunda farklı parametreler için farklı kaynaşma derecesi değerleri elde edilmiştir. Quane ve Russell (2005) sınıflamasının en büyük sınırlamalarından bir tanesi farklı parametrelere ait değer aralıkları için farklı kaynaşma derecesi sınıfları tanımlasa da, bu parametreler ortak olarak değerlendirilmediğinden her bir parametre farklı bir kaynaşma derecesini ifade edebilmektedir. Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasına göre tek eksenli basınç dayanımı parametresi dikkate alındığında bu araştırma kapsamında incelenen çoğu ignimbirit örneğinin III derece kaynaşma sınıfında olduğu görülmektedir. Nevşehir ignimbiritleri, daha düşük dayanıma ve birim hacim ağırlıklarına sahip olmasına rağmen, Nevşehir ignimbiritlerinin çoğu dayanım dikkate alınarak yapılan kaynaşma sınıflamasında Ahlat ve Kayseri örnekleri ile aynı kaynaşma sınıfı içinde yer almıştır.

Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasına göre ignimbiritler birim hacim ağırlık açısından değerlendirildiğinde ignimbiritlerin önemli bir bölümünün daha düşük bir kaynaşma

derecesini ifade eden II nolu kaynaşma sınıfında olduğu göze çarpmaktadır. Basıklık oranı (OR) parametresi kullanılarak yapılan kaynaşma derecesi sınıflamasında ise ignimbiritler için farklı kaynaşma dereceleri belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasında tüm örnekler için en düşük kaynaşma derecesi OR parametresine göre elde edilmiştir.

İncelenen 16 farklı ignimbirit türünün farklı parametrelere göre Quane ve Russell (2005) tarafından önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasında farklı kaynaşma derecesi sınıfına girdiği görülmektedir. Bununla birlikte, kuru birim hacim ağırlığı değerleri de neredeyse tüm örnekler için aynı kaynaşma sınıfını belirtmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı değerleri dikkate alındığında ise oldukça düşük dayanıma sahip örneklerle görece yüksek dayanımlı ignimbiritler aynı kaynaşma derecesi sınıfı içine girmektedir. Sınıflamada, özellikle I. kaynaşma derecesi sınıfına ait bazı parametre dağılım değerleri II. kaynaşma derecesine ait parametre sınırları içerisine de girmektedir. Bu veriler ışığında, Quane ve Russell (2005) kaynaşma derecesi sınıflamasının bazı sınırlamalar içerdiği tespit edilmiştir.

Quane ve Russell (2005) tarafından önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasındaki sınırlamalar dikkate alınarak, bu araştırma sonucunda ignimbiritler için bir kaynaşma derecesi sınıflaması önerilmiştir. Bu kaynaşma derecesi sınıflamasında ignimbiritlerin kaynaşma derecesi tek eksenli basınç dayanımı ve kuru birim hacim ağırlığı değerleri kullanılarak belirlenebilmekte olup, sınıflama W1-W6 arasında değişen altı farklı kaynaşma derecesi içermektedir.

Araştırma kapsamında değerlendirilen 16 ignimbirit türünün kaynaşma derecesi önerilen kaynaşma sınıflamasına göre değerlendirilmiştir. Buna göre Kayseri ignimbiritleri G kodlu ignimbiritler hariç W4 nolu orta derecede kaynaşmış ignimbirit olarak sınıflandırılmaktadır. G kodlu Kayseri ignimbiriti ise iyi derecede kaynaşmıştır. Daha düşük dayanımlı Nevşehir ignimbiritleri ise çoğunlukla az derecede kaynaşmıştır (W3 kaynaşma sınıfı). Nevşehir ignimbiritlerinden sadece BD kodlu olan ignimbiritler orta derecede kaynaşmıştır. Ahlat ignimbiritleri ise W3 ile W5 arasında değişen kaynaşma derecelerine sahiptir. N-3-4 ignimbiritleri iyi derecede kaynaşmış (W5) durumda iken, N-1 ignimbiriti orta derecede kaynaşmıştır (W4). Ahlat ignimbiritleri arasında en düşük kaynaşma derecesi N-2 numaralı ignimbiritlerde olup, bu ignimbiritler az derecede kaynaşmış (W3) durumdadır. Elde edilen kaynaşma derecesi sonuçları gözlemsel değerlendirmeler ile de uyum göstermektedir.

İgnimbiritlerdeki kaynaşma derecesi ile pomza tanelerinin basıklık oranı (OR) arasındaki ilişkinin ortaya konması amacıyla, önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasındaki kaynaşma sınıfları için basıklık oranı değerlerinin sınır değerleri de bu proje kapsamında belirlenmiştir.

İgnimbiritlerin kaynaşma derecesi sınıfları ile pomza tanelerinin basıklık oranı (OR) değerlerinin farklı kaynaşma derecesindeki sınır değerleri kullanılarak yapılan sınıflama arasında büyük oranda benzerlik bulunmuştur. Bu sonuçlar, bu proje kapsamında ignimbiritler için önerilen kaynaşma derecesi sınıflamasının Quane ve Russell (2005) kaynaşma sınıflamasına oranla daha kullanışlı olduğunu işaret etmektedir. Bu sınıflamada iki parametrenin aynı anda değerlendirilmesi kaynaşma derecesi değerlendirmesini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle iki parametrelili olarak bu proje kapsamında geliştirilen ignimbirit kaynaşma derecesi sınıflamasının ignimbiritlere yönelik değerlendirmelerde kullanılması önerilmektedir. Öte yandan, söz konusu sınıflama diğer parametrelerin de dikkate alınmasıyla geliştirilebilecek kapasitedir. Bu projeden sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda bu konu üzerinde değerlendirmelere devam edilecektir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, M.A., 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *J. Petrol.* 35, 525-541.
- ANON, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping part 1: Rock and soil materials. *Bulletin of International Association of Engineering Geology* 19, pp. 355-371.
- Braney, M.J, Kokelaar, P., 1992. A reappraisal of ignimbrite emplacement: progressive aggradation and changes from particulate to non-particulate flow during emplacement of high-grade ignimbrite. *Bulletin of Volcanology*, 54: 504-520.
- Bostancı, M., 2016. İğnimbiritlerin (Nevşehir Bölgesi) Kapiler Su Emme Davranışlarının İncelenmesi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79 sayfa.
- Bull, K., McPhie, J., 2007. Fiamme textures in volcanic successions: Flaming issues of definition and interpretation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 164: 205-216.
- Çadır, S., 2018. Piroklastik Kayaçalarda Mikro-Yapının Fiziksel ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91 sayfa.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1966. An introduction to rock forming minerals. New York, John Wiley. 528 p.
- Dinçer, İ., Bostancı, M., 2019. Capillary water absorption characteristics of some Cappadocian ignimbrites and the role of capillarity on their deterioration. *Environmental Earth Sciences*, 78:7.
- Freundt, A., Schmincke, H.U., 1995. Eruption and emplacement of a basaltic welded ignimbrite during caldera formation on Gran Canaria. *Bulletin of Volcanology*, 56: 640-659.
- Gifkins, C.C., 2001. Submarine volcanism and alteration in the Cambrian, northern Central Volcanic Complex, western Tasmania. University of Tasmania PhD thesis, 239 pp.
- Gifkins, C.C., Allen, R.L., McPhie, J., 2005. Apparent welding textures in altered pumice-rich rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 142: 29–47.
- Giret, A., Bonin, B., Kger, J.M., 1980. Amphibole compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline plutonic ring-complexes. *Can. Mineral.* 18, 481-495.
- Gürbüz, S., 2019. Nevşehir Yöresindeki İğnimbiritlerin Dayanımının Tahmininde Schmidt Geri Sıçrama Değerlerinin Kullanımı. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59 sf. (Yayımlanmamış).

Henry, D.J., Guidotti, C.V., Thomson, J.A., 2005. The Ti-saturation surface for low-to medium pressure metapelitic biotites: implications for geothermometry and Ti substitution mechanisms. *Am. Mineral.* 90, 316-328.

Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548.

Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548.

Jiang, C.Y., An, S.Y., 1984. On chemical characteristics of calcic amphiboles from igneous rocks and their petrogenesis significance. *Journal of Mineralogy and Petrology* 3, 1-9 (in Chinese with English abstract).

Kemikkıran, Ö., F., 2019. Nevşehir Yöresindeki İğnimbiritlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile P-dalga Hızı Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79 sf. (Yayımlanmamış).

Koralay, T., Zoroğlu, O., Kadioğlu, Y.K., 2009. İncesu ignimbiritindeki (İncesu-Kayseri) fiamme tiplerinin kökeni: petrografik ve jeokimyasal özellikleri. *S.Ü . Müh.-Mim. Fak. Derg.*, c.24, s.2, 45-68.

Koralay, T., Özkul, M., Kumsar, H., Çelik, S.B., Pektaş, K., 2011. The effect of welding degree on geotechnical properties of an ignimbirite flow unit: the Bitlis castle case (Eastern Turkey). *Environ Earth Sci.*, 64:869–881.

Koralay, T., Çelik, S.B., 2019. Minero-petrographical, physical, and mechanical properties of moderately welded ignimbirite as a traditional building stone from Uşak Region (SW Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 12: 732.

Korkanç, M., 2007. İğnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31(1): 49-60.

Korkanç, M., Solak, B., 2016. Estimation of engineering properties of selected tuffs by using grain/matrix ratio. *Journal of African Earth Sciences*, 120:160-172.

Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W., Youshi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on new minerals and mineral names. *Can. Mineral.* 35, 219-246.

Middlemost, E.A.K, 1994. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System, *Earth Science Review*, 37, 215-244.

Molina, J.F., Scarrow, J.H., Montero, P.G., Bea, F., 2009. High-Ti amphibole as a petrogenetic indicator of magma chemistry: evidence for mildly alkalic-hybrid melts during evolution of Variscan basic-ultrabasic magmatism of Central Iberia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 158, 69-98.

Moon, V.G., 1993. Microstructural controls on the geomechanical behaviour of ignimbrite. *Engineering Geology*, 35: 19-31.

Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K., Gottardi, G., 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Am Mineral* 73: 1123–1133.

Mues-Schumacher, U., Schumacher, R., Viereck-Götte, G., Lepetit, P., 2004. Areal distribution and bulk rock density variations of the welded İncesu ignimbrite, Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, 13: 249-267.

Mundula, F., Cioni, R., Rizzo, R., 2009. A simplified scheme for the description of textural features in Welded Ignimbrites: the example of San Pietro Island (Sardinia, Italy). *Ital.J.Geosci. (Boll.Soc.Geol.It.)*, 128(3): 615-627.

Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J.M., Carron, J.P., 1985. Chemical composition of biotites: Typologie magmatic granitoids, C. R. Acad. Sci. Paris, 301, 813-818.

Putirka, K.D., 2008. Introduction to minerals, inclusions and volcanic processes. *Rev Mineral Geochem* 69: 1–8.

Rickwood, P.C., 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos* 22, 247-263.

Ridolfi, F., Renzulli, A., Puerini, M., 2010. Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. *Contrib. Mineral. Petrol.* 160, 45-66.

Riehle, J.R., 1973. Calculated compaction profiles of rhyolitic ash-flow tuffs. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 84: 2193-2216.

Roedder, E., 1984. Fluid inclusion. *Reviews in Mineralogy* 12, 12-45.

Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragment: recommendations of the IUGS subcommissions on the systematics of igneous rocks. *Geology*, 9, 41-43.

Smith, R.L., 1960, Zones and Zonal variations in welded ash flows. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 354-f, 149-159.

Soesoo, A., 1997. A multivariate statistical analysis of clinopyroxene composition: empirical coordinates for the crystallisation PT estimations. *Geol Soc Sweden (Geologiska Foreningen)* 119: 55–60.

Streck, M.J., Gruner, A.L., 1995. Crystallization and welding variations in a widespread ignimbrite sheet: the Rattlesnake Tuff, eastern Oregon, USA. *Bulletin of Volcanology*, 57: 151-169.

Quane, S.L., Russell, J.K., 2005. Ranking welding intensity in pyroclastic deposits. *Bull*

Volcanol, 67: 129–143.

Tischendorf, G., Gottesmann, B., Forster, H.J., Trumbull, R.B., 1997. On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analysis and an improved diagram for graphical representation, Mineralogical Magazine, 61, 809-834.

Van Zalinge, M. E., Cashman, K.V., Sparks, S.J., 2018. Causes of fragmented crystals in ignimbrites: a case study of the Cardones ignimbrite, Northern Chile. Bulletin of Volcanology, 80: 22.

Walker, G.P.L., 1983. İgnimbirite types and ignimbirite problems. J. Volcanol. Geotherm. Res., 17: 65-88.

Yıldız, M., Yıldız, A., Kahya, A., Gürcan, S., 2014. Kızılkaya (Sevinçli / Aksaray) ignimbiritinin jeolojisi ve yapıtaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 30(1), 1-8.

EKLER

6.1. Mali Bilanço ve Açıklamaları

	Bütçe (₺)	Harcama (₺)	Kalan (₺)
Cihaz, Makine, Teçhizat, vb.	26102.00	25912.80	189.20
Sarf Malzeme	-	-	-
Hizmet Alımı	3658.40	3587.08	71.32
Seyahat	-	-	-
Toplam	29760.40	29499.88	260.52

		Harcama (KDV Dahil) (₺)
Cihaz, Makine, Teçhizat, vb.	Elastik Modülüs sistemi	25912.80
Hizmet Alımı	ACME Jeokimyasal analizler	1014.68
Hizmet Alımı	Ankara Üniversitesi Sıvı Kapanım Analizleri	212.40
Hizmet Alımı	Ankara Üniversitesi EPMA Analizleri	2360.0
Toplam		29499.88

6.2. Projede kullanılan donanım, cihaz, alet, vb. teçhizatın özelliği ve ileriye dönük kullanımına ilişkin açıklama

Kaya malzemesinin elastisite modülünün belirlenmesi amacıyla kullanılan elastik modülüs sistemi bu aşamadan sonra kaya presinin de tamir edilmesiyle birlikte ileride yapılacak bilimsel çalışmalarda kullanılmaya devam edilecektir.