

T.C.  
Niğde Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

FARKLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

BURAK SOLAK

|

Ağustos 2012



T.C.  
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

BURAK SOLAK

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos 2012

**Burak SOLAK** tarafından **Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ** danışmanlığında hazırlanan “**Farklı Piroklastik Kayaçların Petrografik Özelliklerinin Mekanik Özelliklerine Etkisi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZVAN (Yüzüncü Yıl Üniversitesi)

**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ....../...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ....../...../20.... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA**  
**MÜDÜR**

## ÖZET

### FARKLI PİROKLASTİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

SOLAK, Burak

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

:Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Ağustos 2012, 104 sayfa

Bu çalışma kapsamında, Kapadokya yöresinde geniş yayılımları bulunan Kızılkaya İgnimbiriti, Kavak İgnimbiriti, Gördeles İgnimbiritlerinden ve Melendiz Tüflerinden farklı renk ve dokuda taze piroklastik örnekler alınmıştır. Kayaçların petrografik özellikleri, fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Bu çalışmada piroklastik kayaçların petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla ayrıntılı araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında bu birimlerden alınan taze örnekler üzerinde kimyasal analizler, petrografik incelemeler ve bu örneklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda incelenen örneklerin, kuru ve doymuş birim ağırlıkları, ağırlıkça su emme, efektif porozite, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, P-dalga hızı, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı, çivi penetrasyon derinlikleri, kılcal su emme değerleri belirlenmiştir. Taze örneklerden hazırlanan ince kesitlerin polarizan mikroskopta nokta sayacı kullanılarak yapılan petrografik çalışmalar kapsamında mineral bileşimi, dokusu, boşluk oranı, volkan camının varlığı ve bu parçaların kayaç içersindeki durumu, ikincil mineral oluşumu, opak mineral varlığı ve ayrışma etkileri ile oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kayaçların ince kesitleri üzerinde nokta sayacı kullanılarak elde edilen verilerden fenokristal, litik tane, volkan camı, boşluk miktarı ve opak mineral oranları kullanılarak tane matriks oranı (GMR) tanımlanmıştır. Bu oran ile taze örneklerden elde edilen

jeomekanik özellikler arasında basit regresyon analizleri yapılarak varolabilen ilişkiler tanımlanmaya çalışılmıştır. Kaynaşma oranı yüksek olan Kızılkaya İgnimbiritlerinden elde edilen tane matriks oranı (GMR) ile jeomekanik özellikleri arasında anlamlı sayılabilecek ilişkiler elde edilmiştir. Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerin kimyasal bileşimleriyle dayanım özellikleri arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Melendiz Tüflerinde ise dayanımı etkileyen en önemli faktörün kayacı oluşturan matriksin oranı ve litik tanelerin kenetlenme derecesi olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Kapadokya, İgnimbirit, Tüff, Petrografik özellikler, Jeomekanik özellikler.

## **SUMMARY**

### **EFFECT OF PETROGRAPHIC PROPERTIES OF DIFFERENT PYROCLASTIC ROCKS ON THEIR MECHANICAL PROPERTIES**

**SOLAK, Burak**

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Mustafa KORKANÇ

August 2012, 104 pages

Within the context of this study, different colored and textured fresh pyroclastic samples were taken from wide dispersed ignimbrites in the Cappadocia region such as Kızılıkaya, Kavak, Gördeler Ignimbrites and Melendiz Tuffs. Petrographic characteristics of rocks significantly affects the physical and mechanical properties. Within the scope of this study, detailed investigations were performed to determine the relationships between the petrographical characteristics and geomechanical properties of these rocks. In the study, chemical analysis, petrographical studies and experimental studies were carried out on fresh samples to determine the engineering properties of these samples. Dry and saturated unit weights, water absorption, effective porosity, slake durability index, P-wave velocity, Schmidt hammer rebound value, point load strength index, capillary water absorption, uniaxial compression strength and nail penetration depth were determined from samples which were examined by experimental studies. Mineral composition, texture, void ratio, presence of glass, the conditions of these components, the formation of secondary minerals and existence of opaque minerals, and the effects of weathering rates were tried to be determined on thin sections from fresh samples under polarized light microscope using a point counter. Matrix grain ratio (GMR) has been determined using phenocrysts, lithic fragments, volcanic glass, opaque mineral and void ratios. The relations between the geomechanical properties of fresh specimens and GMR were tried

to be described by using simple regression analysis. Relationships between the GMR and the geomechanical properties of highly welded Kızılkaya Ignimbrite, which are statistically significant, were obtained. Substantial interaction between chemical composition and geomechanical properties of Kavak Ignimbrite were determined. The matrix ratio and degree of packing of lithics are thought to be the primary control on the mechanical properties of Melendiz Tuff.

**Keywords:** Cappadocia, Ignimbrite, Tuff, Petrographical characteristic, Geomechanical properties

## ÖN SÖZ

Bu çalışma, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında Kapadokya yöresinden farklı renk ve dokusal özellikler sunan tüf ve ignimbiritlerin petrografik özelliklerinin nasıl değiştiğini ve bu özelliklerin mühendislik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Kapadokya yöresi piroklastiklerinden Kavak, Gördeles, Kızılkaya İgnimbiritleri ve Melendiz Tüflerine ait 21 ayrı blok örnek derlenip bu örnekler üzerinde ayrıntılı kimyasal, petrografik araştırmalar ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlemesi amacıyla deneyler yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda Kızılkaya, Kavak ve Gördeles İgnimbiritlerinin kaynaşma özelliklerinin, Melendiz Tüflerinin de ise kayacı oluşturan matris ve kaya kırıntılarının miktarı ve düzensiz boşlukların yapısının, mekanik özellikler üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmamın başlangıç aşamasından, sonuçlandırma aşamasına kadar çalışmalarımı yönlendiren, değerli bilgi ve önerilerinden yararlandığım çok değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ 'a, Erasmus Programı kapsamında Almanya'da buldum süre içinde tez çalışmalarım konusunda her türlü yardımlarını esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Lothar VIERECK-GÖTTE ve Dr. Petra LEPETİT'e, tez arazi ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımları dokunan stajyerler Simge OĞUZ, Fatih ŞAHİN ve Hasan Tahsin MANKALCILAR'a, Üniversite hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarıma, her türlü moral ve desteği esirgemeyen ev arkadaşlarım Murat SARİDEDE'ye, Değerli katkı ve önerilerinden dolayı sayın tez jüri üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman yanımda olan, evlatları olmaktan onur duyduğum anne ve babama, hep yanımda olan ağabeyime desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmaya FEB2010/10 ve FEB2010/19 numaralı projeler ile finansal destek sağlayan Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
SUMMARY .....	v
ÖN SÖZ .....	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
FOTOĞRAF DİZİNİ .....	xv
KISALTMA VE SİMGELER .....	xvi
BÖLÜM I. GİRİŞ .....	1
1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı .....	2
1.1.1 Yüzey şekilleri .....	2
1.1.2 Coğrafya .....	2
1.1.3 Akarsu ağı .....	2
1.1.4 İklim .....	4
1.1.5 Bitki örtüsü .....	4
1.1.6 Yerleşim ve ulaşım .....	4
1.2 Çalışmanın Amacı .....	4
1.3 Önceki Çalışmalar .....	5
1.3.1 İnceleme alanı ile ilgili çalışmalar .....	5
1.3.2 Çalışma konusu ile ilgili çalışmalar .....	7
BÖLÜM II. MATERYAL METOT .....	10
2.1 Büro Çalışmaları .....	10
2.2 Arazi Çalışmaları .....	10
2.3 Laboratuvar Çalışmaları .....	10
BÖLÜM III. BULGULAR .....	12
3.1 Bölgesel Jeoloji .....	12
3.2 İncelenen Birimlerin Jeolojik Özellikleri .....	13
3.2.1 Kavak İgnimbiriti .....	13
3.2.2 Gördeles İgnimbiriti .....	14

3.2.3 Kızılkaya İgnimbiriti .....	15
3.2.4 Melendizdağ Tüfü .....	17
3.3 Örneklerin Lokasyon Tanımlamaları .....	17
3.4 İncelenen Örneklerin Kimyasal Özellikleri .....	26
3.5 İncelenen Örneklerin Petrografik Özellikleri .....	28
3.5.1 Modal analiz .....	37
3.5.2 Tane-Matriks oranı (GMR) .....	39
3.6 İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri .....	41
3.6.1 Kuru birim ağırlık.....	41
3.6.2 Doygun birim ağırlık .....	43
3.6.3 Su emme .....	45
3.6.4 Efektif porozite.....	47
3.6.5.P-Dalga hızı.....	49
3.6.6 Nokta yük dayanım indeksi.....	50
3.6.7 Schmidt çekici sertlik indeksi.....	52
3.5.8 Tek eksenli basınç dayanımı .....	54
3.6.9 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi .....	56
3.6.10 Çivi penetrasyon deneyi .....	57
3.6.11 Kılcal su emme deneyi .....	60
BÖLÜM IV. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	63
4.1 Kızılkaya İgnimbiritlerine Ait Örneklerin Petrografik Özellikleri İle Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler .....	63
4.2 Kavak İgnimbiritlerine Ait Örneklerin Petrografik Özellikleri İle Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler .....	75
4.3 Melendiz Tüflerine Ait Örneklerin Petrografik Özellikleri ile Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler .....	82
4.4 Kayaçların Direncine Etkiyen Faktörler .....	86
4.4.1 Bileşim ve doku.....	86
4.4.2 Kristallenme ve çimentolanma derecesi ve çimentonun türü.....	86
4.4.3 Kenetlenme derecesi.....	87
4.4.4 Süreksizlik düzlemleri .....	87
4.4.5 Porozitesi .....	87
4.4.6 Doygunluk derecesi .....	88

4.4.7 Anizotropisi .....	88
4.5.8 Kayacın Ayrışma Derecesi .....	89
BÖLÜM V. SONUÇLAR.....	90
KAYNAKLAR .....	94
ÖZ GEÇMİŞ .....	103
TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER .....	104

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İncelenen örneklerin lokasyon tanıtımı ve kayaç özellikleri .....	18
Çizelge 3.2. Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritine ait kimyasal analiz sonuçları.....	26
Çizelge 3.3. Kavak İgnimbiritine ait kimyasal analiz sonuçları .....	27
Çizelge 3.4. Melendiz Tüflerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	28
Çizelge 3.5. Kızılkaya ve Gördeles ignimbiritlerine ait örneklerin modal analiz sonuçları.....	37
Çizelge 3.6. Kavak İgnimbiritine ait örneklerin modal analiz sonuçları .....	38
Çizelge 3.7. Melendiz Volkanitlerine ait tüflerin modal analiz sonuçları .....	38
Çizelge 3.8. Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerine ait Tane Matriks Oranı (GMR) verileri.....	40
Çizelge 3.9. Kavak İgnimbiritlerine ait Tane Matriks Oranı (GMR) verileri.....	40
Çizelge 3.10. Melendiz İgnimbiritlerine ait Tane Matriks Oranı (GMR) verileri .....	40
Çizelge 3.11. İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri .....	42
Çizelge 3.12. İncelenen örneklere ait doymun birim ağırlık değerleri .....	44
Çizelge 3.13. İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri .....	46
Çizelge 3.14. İncelenen örneklere ait efektif porozite değerleri.....	48
Çizelge 3.15. İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri .....	49
Çizelge 3.16. İncelenen örneklere ait nokta yük dayanım değerleri.....	51
Çizelge 3.17. İncelenen örneklere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri .....	52
Çizelge 3.18. İncelenen örneklere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri .....	54
Çizelge 3.19. İncelenen örneklere ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri ..	56
Çizelge 3.20. İncelenen örneklere ait çivi penetrasyon derinlikleri .....	58
Çizelge 3.21. İncelenen örneklere ait kılcal su emme katsayısı değerleri .....	60
Çizelge 4.1. Kızılkaya ignimbiritlerinin bazı petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları.....	64
Çizelge 4.2. Kavak İgnimbiritlerinin petrografik ve kimyasal özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları.....	75
Çizelge 4.3. Melendiz Tüflerine bazı petrografik özellikler ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları .....	82

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ve örnek derleme alanları .....	3
Şekil 3.1. Kapadokya yöresinin jeoloji haritası .....	13
Şekil 3.2. K1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	29
Şekil 3.3. K2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	29
Şekil 3.4. K3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	30
Şekil 3.5. K4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	30
Şekil 3.6. K5 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	30
Şekil 3.7. K6 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	31
Şekil 3.8. K7 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	31
Şekil 3.9. K8 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	31
Şekil 3.10. K9 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	32
Şekil 3.11. K10 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	32
Şekil 3.12. K11 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	32
Şekil 3.13. G1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	33
Şekil 3.14. KA1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	33
Şekil 3.15. KA2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	34
Şekil 3.16. KA3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	34
Şekil 3.17. KA4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	34
Şekil 3.18. KA5 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X) .....	35
Şekil 3.19. M1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X).....	35
Şekil 3.20. M2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X).....	36
Şekil 3.21. M3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X).....	36
Şekil 3.22. M4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X).....	36
Şekil 3.24. Çivi penetrasyon derinlikleri ile a) P dalga hızı b) Schmidt sertlik indeksi arasındaki ilişki .....	59
Şekil 3.25. Çivi penetrasyon derinlikleri ile a) Tek eksenli basınç dayanımı b) Nokta yük dayanım indeksi arasındaki ilişki.....	59
Şekil 3.26. Kapilerite ile emilen suyun birim alandaki kütle artışının karekök zamana göre değişimi a) Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritleri, b) Kavak İgnimbiritleri c) Melendiz Tüfleri .....	61
Şekil 4.1. Tane matriks oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık arasındaki ilişki.....	64

Şekil 4.2. Tane matriks oranı ile a) Su emme b) Porozite arasındaki ilişki.....	65
Şekil 4.3. Tane matriks oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi arasındaki ilişki.....	66
Şekil 4.4. Tane matriks oranı ile a) Nokta yük dayanım indeksi b) Tek eksenli basınç dayanımı c) Çivi penetrasyon derinliği arasındaki ilişki .....	67
Şekil 4.5. Tane matriks oranı ile a) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi b) Kılcal su emme katsayısı.....	68
Şekil 4.6. Fenokristal oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki.....	69
Şekil 4.7. Fenokristal oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	70
Şekil 4.8. Fenokristal oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki.....	71
Şekil 4.9. Boşluk oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki.....	72
Şekil 4.10. Boşluk oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	73
Şekil 4.11. Boşluk oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki.....	74
Şekil 4.12. SiO <sub>2</sub> oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki.....	76
Şekil 4.13. SiO <sub>2</sub> oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	77
Şekil 4.14. SiO <sub>2</sub> oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki.....	78
Şekil 4.15. Ateşte kayıp oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki.....	79
Şekil 4.16. Ateşte kayıp oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki.....	80
Şekil 4.17. Ateşte kayıp oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki.....	81
Şekil 4.18. Matriks oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Tek eksenli basınç dayanımı d) Çivi Penetrasyon derinliği arasındaki ilişki .....	83

Şekil 4.19. Boşluk oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki .....	84
Şekil 4.20. Boşluk oranı ile c) Nokta yük dayanım indeksi b) Tek eksenli basınç dayanımı c) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi d) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki .....	85
Şekil 4.21. İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ile porozite değerleri arasındaki ilişki .....	88
Şekil 4.22. İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ile su emme değerleri arasındaki ilişki .....	89

## FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 3.1. Aktaş Köyü taş ocağından bir görünüm.....	20
Fotoğraf 3.2. Uluğaç Köyü taş ocağından bir görünüm.....	20
Fotoğraf 3.3. Kızılören Köyü taş ocağından bir görünüm .....	21
Fotoğraf 3.4. Kemerhisar-Gökbez arası taş ocağından bir görünüm .....	21
Fotoğraf 3.5. Edikli Köyü taş ocağından bir görünüm .....	22
Fotoğraf 3.6. Karatatlı Köyü'ndeki ignimbiritlere açılmış kaya mezarlarından görünüm .	22
Fotoğraf 3.7. Yarhisar Köyüdeki önceden taş alınmış ignimbiritler .....	23
Fotoğraf 3.8. Çavdarlı Köyü yakınlarında ignimbiritlere oyulmuş yapılar .....	23
Fotoğraf 3.9. Niğde Merkez, Yukarı Kayabaşı Mahallesi, eski taş ocağı alanı.....	24
Fotoğraf 3.10. Nevşehir Yöresi, ocaklarda makineli kesimle taş çıkarılmasından bir görünüm .....	25
Fotoğraf 3.11. Nevşehir yöresi ocaklarında makine ile düzgün kesilen taşlardan görünüm .....	25
Fotoğraf 3.12. Çivi Penetrasyon Deneyinin blok örnekler üzerinde uygulanması.....	57

## KISALTMA VE SİMGELER

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
K1	Örnek no
GMR	Tane matriks oranı
$\gamma_d$	Kuru birim ağırlık
$\gamma_s$	Doygun birim ağırlık
$w_a$	Ağırlıkça su emme
$n_e$	Efektif porozite
$V_p$	P-dalga hızı
$I_{s(50)}$	Nokta yük dayanım indeksi
SHV	Schmidt sertlik indeksi
$\sigma_c$	Tek eksenli basınç dayanımı
$I_{d2}$	Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi
d	Çivi penetrasyon derinliği
$C_1$	Kılcal su emme katsayısı
r	Korelasyon katsayısı
<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ISRM	Uluslararası kaya mekaniği grubu
TSE	Türk Standartları
NBG	Norveç kaya mekaniği grubu

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde Niğde, Nevşehir ve Kayseri il sınırları içerisinde yer alan piroklastik ürünlerin olduğu kesimleri kapsamaktadır. Bölge, genç volkanizmanın ülkemizde yaygın ve farklı evrelerde ürünler oluşturduğu bölgelerden biridir. İnceleme alanı ve yakın dolayı eşsiz jeolojik özellikleri ile yerbilimcilerin ilgisini geçmişten beri çekmektedir. Bölgede bilinen ilk volkanolojik araştırmayı 1842 yılında Hamilton yapmış, daha sonra Tchihatcheff (1876), Chaput (1936), Tromp (1942), Westerveld (1956), Pasquare (1966, 1968) ve Beekman (1966) vb. gibi araştırmacılar çeşitli jeolojik incelemelerde bulunmuşlardır. Bölgede daha sonra Besang vd. (1977), Batum (1978), Innocenti vd. (1975, 1982), Tokel vd. (1988), Pasquare vd. (1988), Ercan vd. (1990,1992), Göncüoğlu ve Toprak (1992), Toprak ve Göncüoğlu (1993); Le Penec vd., 1994; Mues Schumacher ve Schumacher, (1996); Schumacher ve Mues Schumacher (1996), Güleç vd. (1997); Temel vd. (1998); Türkecan vd. (2003); Le Penec vd. (2005); Lepetit vd. (2009), Viereck vd. (2010) gibi araştırmacılar tarafından, ayrıntılı volkanolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yapılmıştır.

Bölgedeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ile bunların dayanım ve ayrışma özelliklerine yönelik çalışmalar ise daha az sayıdadır (Erguvanlı vd., 1977; Erdoğan, 1986; De Witte vd. , 1988; Topal, 1995; Topal ve Doyuran, 1997; Gökçeoğlu vd. , 2000; Korkanç, 2007, Ergüler, 2009). Son dönemlerde yapılan araştırmalar ise, özellikle bölge ignimbiritlerinde geçmişte ve günümüzde çeşitli amaçlar için açılmış kaya yapılarının duraylılıklarına ve mühendislik özelliklerine ilişkindir (Aydan vd., 1999; Ulusay vd., 1999; Aydan ve Ulusay, 2003; Ulusay vd., 2006, Aydan vd., 2007; Ulusay ve Aydan, 2007; Aydan vd., 2007a, 2007b). Yöredeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ve mühendislik özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda, bunların jeolojik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin, jeomekanik özelliklerindeki değişime etkisi ile bunlar arasındaki ilişkilere yeterince değinilmemiştir.

Bu çalışmada farklı renk ve dokusal özellikler sunan tüf ve ignimbiritlerin petrografik özelliklerinin nasıl değiştiğini ve bu özelliklerin mühendislik özelliklerine etkisinin

belirlenmesi amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemeler esnasında, belirlenen farklı renk ve dokuya sahip kayalar, ayrı ayrı örneklendirilerek bunların ayrıntılı araştırması yapılmıştır. Elde edilen petrografik özellikler ile jeomekanik özellikler arasında istatistiksel olarak anlamlı olabilecek ilişkiler tanımlanmaya çalışılmıştır.

## **1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı**

Çalışma alanı, çeşitli jeolojik devirler boyunca faaliyette olan volkanizmalara ait ürünlerin aşınmasıyla oluşmuş eşine rastlanılmayacak değişik yeryüzü dokusunun bulunduğu Kapadokya yöresini kapsamaktadır. Niğde, Nevşehir ve Kayseri yöresi il sınırları içerisinde yer alan yörede genelde yapı taşı olarak kullanılan farklı ignimbirit ve tüflere ait gerek işletilen gerekse işletilmemiş ocaklardan piroklastik örnekler seçilmiştir. Farklı renk ve dokusal özellikleri yanında farklı lokasyonlardan olmak üzere 21 adet blok örnekleme yapılmıştır (Şekil 1.1).

### **1.1.1 Yüzey şekilleri**

Orta Anadolu'da bulunan Kapadokya Bölgesi, yüksekliği 1300-1400 m. arasında değişen yüksek bir platodur ve Erciyes, Meleziz ve Hasan Dağı gibi eski volkanlar ile çevrelenmiştir.

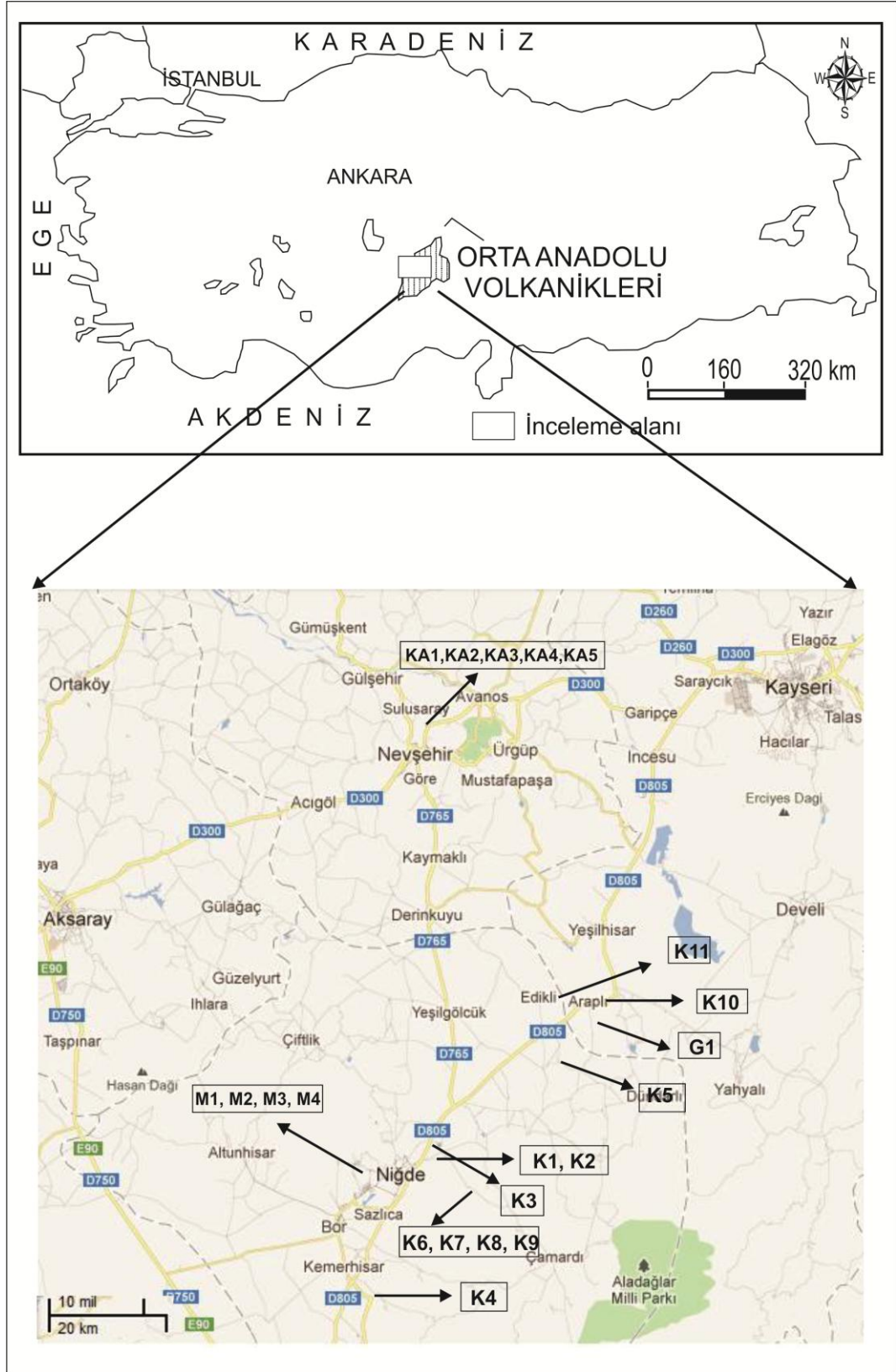
### **1.1.2 Coğrafya**

Kapadokya Bölgesi başta Nevşehir olmak üzere Kırşehir, Niğde, Aksaray ve Kayseri illerine yayılmış bir bölgedir. Ancak çalışma alanı Niğde ili sınırları içinde ve yakın köyleri ile, Niğde- Kayseri il sınırına yakın köyleri ve Nevşehir'deki taş ocaklarının bulunduğu alanı kapsamaktadır.

### **1.1.3 Akarsu ağı**

Türkiye ortalamasının altında bir yağış rejimine sahip olan çalışma alanında, iklim şartlarına bağlı olarak gelişmiş akarsu bulunmamaktadır. Buna karşılık yaz aylarında kuruyan, diğer mevsimlerde ise özellikle karların erimesiyle su taşıyan bir çok dere bulunmaktadır. Bununla birlikte Kapadokya Bölgesinin kuzeyinden akan Kızılırmak

Nehri ve yan kolları Kapadokya'nın morfolojik şeklini kazanmasında rol oynayan başlıca akarsulardır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ve örnek derleme alanları

#### **1.1.4 İklim**

Kapadokya Bölgesi'nde tipik bir karasal iklim hüküm sürmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı olmaktadır. En fazla yağış kış ve bahar dönemlerinde gerçekleşmektedir. Ortalama nem yaz aylarında düşüktür. Uzun süre karla kaplı alanlar fazladır. Bölgede gece-gündüz sıcaklık farkı da oldukça fazladır.

#### **1.1.5 Bitki örtüsü**

Çalışma alanında, iklim koşullarının elverişsiz olması nedeniyle, doğal bitki örtüsü, hemen hemen hiç gelişmemiştir. Çalışma alanındaki yerleşim alanlarının çevresinde pancar, tahıl, sebze ve meyve yetiştiriciliği yaygındır. Hayvancılık da önemli bir gelir kaynağıdır.

#### **1.1.6 Yerleşim ve ulaşım**

Bölgede ulaşım ağı genel anlamda oldukça iyi gelişmiştir. Bölgenin en önemli karayolu Kayseri-Niğde-Adana karayoludur. TEM Ankara – Pozantı otoyolunun Niğde – Pozantı kesiminin tamamlanması ve trafiğe açılmasıyla güneye bağlantı sağlanmıştır. Asfalt olan bu yollar genelde her mevsim trafiğe açıktır. İkinci önemli karayolu ise Niğde-Konya karayoludur. Bölgedeki yolların çoğu asfalt olup, sadece ve yayla yolları stabilize edilmiştir. Yayla yolları kışın çoğunlukla ulaşımına kapalıdır.

Ayrıca ülkemizin kuzeyi ve güneyi ile bağlantıyı sağlayan demiryolu (Kayseri - Niğde - Ulukışla bağlantılı Konya - Adana) çalışma alanından geçmektedir. Ayrıca Kayseri - Sivas, Kayseri - Ankara ve Kayseri – Niğde demiryolları söz konusu alan içerisinde yer almaktadır.

#### **1.2 Çalışmanın Amacı**

Kapadokya yöresi piroklastikleri geçmişten günümüze kadar insanoğlu tarafından çeşitli amaçlar için kolay işlenebilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmıştır. Bu kayalar çoğunlukla ya doğrudan doğruya içleri oyularak oluşturulmuş kaya yapıları ya da değişik amaçlar için inşa edilmiş tarihi yapılarda yapı taşı olarak yararlanılmaktadır.

Günümüzde inşaat sektöründe doğal taşların kullanımına paralel olarak, çeşitli doğal taşlar, yapı taşı sektöründe yaygın olarak yer almaya başlamıştır. Bölgede değişik renk ve desenlerde olan tüf ve ignimbiritlerin jeomekanik özellikleriyle ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda tüf ve ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ancak bu özelliklerin kayacın hangi özelliklerinden etkilendiği detaylı olarak araştırılmamıştır. Bu çalışmada farklı renk ve dokusal özellikler sunan tüf ve ignimbiritlerin petrografik ve kimyasal bileşimlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

### 1.3 Önceki Çalışmalar

#### 1.3.1 İnceleme alanı ile ilgili çalışmalar

**Beekman (1966)**, Hasandağ ile Melendizdağı civarında ilk detaylı çalışmayı yapmıştır. Melendiz Dağı, Hasandağ ve Çınarlı bölgesinin en son erüpsiyon fazını meydana getiren Bazaltik lavlar üzerinde petrografik incelemeler yapmıştır. Buna göre, Melendizdağ'ındakilerin ojit-hipersten bazalt, Hasandağ'ındakilerin hornblend - hipersten bazalt ve ovoidakilerin olivin bazalt olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Tuzgözü doğusundaki KB-GD yönlü fayın, Hasandağ bazaltlarını da kestiğini belirtmiştir.

**Innocenti vd. (1975)**, Orta Anadolu'daki Neojen volkanik aktivitesinin evrimini araştırmışlardır. Stratigrafik ve radyometrik yaş verileri ile bu alandaki volkanizmanın Üst Miyosen'de başlamış olabileceğini ve eski çağlara kadar devam ettiğini belirtmişlerdir. Bu zaman aralığında devam eden volkanizmanın, kalkalkalen nitelikte olduğunu bu kalkalkalen volkanik aktivitesini Agro – Arap plakasının Euro – Asya plakasının altına dalması sonucunda oluşabileceğini belirtmişlerdir.

**Batum (1978)**, Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl volkanitleri üzerinde yaptığı çeşitli jeokimyasal araştırmalar sonucunda, hafif alkali karakteri belirgin Kuvaterner bazaltları dışındaki volkanitlerin kalkalkalen seriye dahil olduklarını tespit etmiştir. Bu volkanitlerin Arap - Afrika levhası ile Anadolu levhacığı arasındaki kıta/kıta çarpışması sonucunda meydana gelen volkanizmanın ürünü olduğunu ileri sürmüşlerdir. Üst Miyosen'den başlayarak yakın jeolojik geçmişe kadar devam eden

volkanizma sonucu türemiş olan Neojen - Kuvaterner volkanitlerini, oluşum zamanlarını ve jeolojik karakterlerini göz önünde bulundurarak çalışmışlardır.

**Ercan vd. (1987)**, Nevşehir ve Niğde illeri arasındaki volkanik kayalarda petrokimyasal çalışmalar yapmışlar, volkanik kayaçların çoğunlukla kalkalkalen, sadece Kuvaterner yaşlı bazaltik lavların bir kısmının hafif alkalen özellikler taşıdıkları ve esas olarak kabuk, kısmen de manto kökenli oldukları sonucuna varmışlardır.

**Toprak ve Göncüoğlu (1993)**, Melendizdağ ve Keçiboyduran volkanitlerinin bulunduğu alanda yaptıkları çalışmada, Tuzgölü fay kuşağının doğusunda ve ona paralel olarak yaklaşık K30-35B doğrultuda uzanan bir faydan bahsetmişlerdir. Keçiboyduran-Melendiz Fayı adını verdikleri fayın 60 km uzunluğunda ve birkaç km genişliğinde bir kuşak oluşturduğunu savunmuşlardır. Bu fayın Orta Anadolu Volkanik Provensine'ne (OAVP) ait önemli püskürme merkezlerinden Keçiboyduran ve Melendiz kompozit volkanizmanın oluşumunda yer aldıklarını, Keçiboyduran – Melendiz Fayı, OAVP içinde tektonizma, volkanizma ve sedimatasyonun aynı anda etkin olduklarını belirtmişlerdir.

**Türkecan vd. (2003)**, Melendizdağ volkanizmasının dağılımı, litolojisi ve yaşı hakkında ayrıntılı çalışmalar yapmışlardır. Melendizdağ volkanitlerinin Üst Miyosen-Pliyosen ve Kuvaternerde etkinlik gösteren 6 ayrı volkandan oluştuklarını belirtmişlerdir. Bunlar Balcı volkanitleri, Tepeköy volkanitleri, Çınarlı volkanitleri, Melendiz volkanitleri, Keçiboyduran volkanitleri ve Bor lavı olarak ayırmışlardır.

**Temel (2007)**, Kapadokya bölgesinin Üst Miyosende başlayıp, Kuvaterner'e kadar devam eden zaman diliminde yoğun volkanik etkinliklere sahne olduğu belirtmiştir. Volkanik ürünlerin piroklastik akıntı (ignimbirit) ve döküntü çökelleri, strato volkanlar (Erciyes, Melendiz ve Hasandağ) ve çok sayıda monojenetik yapılardan (cüruf konileri ve bunlarla ilişkili lavlar, maar gölleri, riyolitik domlar) oluştuğunu söylemiştir.

Kapadokya bölgesinde 8 adet ignimbiritik birim mostra verdiğini ve bu birimlerin geniş alanlar kapladığını belirtmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru Kavak, Zelve, Sarımaden Tepe, Cemilköy, Tahar, Gördeles, Kızılkaya ve Valibaba Tepe ignimbiritleridir. Bu birimlerin yaşının, Üst Miyosenden (11.2 My) başlayıp,

Kuvaterner'e kadar değişmekte olduğunu belirtmiştir. Bu ignimbirit seviyelerin yer yer lav akıntıları da içerdüğinden bahsetmiş, ignimbiritik birimlerin riyolitik ve dasitik bileşimde olduklarını, bunlarla ara katkılı olan lav akıntılarının ise andezitik bileşimde olduğunu söylemiştir. Jeolojik ve jeokimyasal verilerin Kapadokya ignimbiritlerinin dalma batma süreçlerinin etkisi altında kalmış bir manto kaynağından itibaren oluştuğunu belirtmiştir.

### 1.3.2 Çalışma konusu ile ilgili çalışmalar

**Moon (1993a, b)**, İgnimbiritlerin çok geniş bir aralıkta değişen jeomekanik karakteristiklere sahip olduğunu belirttiği çalışmasında, zayıf karakterli çatlaksız olanların tek eksenli sıkışma dayanımlarının 1 MPa'dan daha düşük olduğunu, yoğun soğuma çatlaklı sert yapılı olanlarının tek eksenli sıkışma dayanımlarının ise 50 MPa'dan daha büyük olabileceğini belirtmiştir. Bu tür kayaçlarda porozitenin %17 ile 51 arasında değiştüğünü, bunun da doygunluk nedeniyle önemli ölçüde direnç kaybına yol açabilecek bir özellik olduğunu ortaya koymuş; suya karşı duraylılık indeksi ve efektif porozitenin ignimbiritlerin malzeme özellikleri bakımından sınıflandırılması bakımından önemli özellikler olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte ignimbiritlerin jeomekanik özelliklerini etkileyen birincil faktörün matriksin içyapısı olduğunu, tek eksenli sıkışma dayanımı ve suda dağılmaya karşı duraylılığın, hamurdaki malzemelerin paketlenmesi ve birbirleriyle temas halinde olup olmaması tarafından kontrol edilmekte ve bunun da doğal kaynaşma olayının bir sonucu olduğunu belirtilmiştir. Kristal ve tane boyutunun ise tek eksenli sıkışma dayanımı üzerinde ikincil olarak etkili olduğunu vurgulamıştır.

**Topal ve Doyuran (1997)**, Kapadokya yöresi tüfleri üzerinde araştırmalar yapmış olup, tüflerin çok zayıf kaya özelliğinde olduğunu, düşük birim ağırlıkta ve yüksek poroziteye sahip kaya özellikleri sunduklarını belirtmişlerdir. Tüflerin yapısal unsurlarının ve zayıf kaya özellikleri nedeniyle bozunmaya karşı duraylılıklarının düşük olduklarını ortaya koymuşlardır.

**Tuğrul ve Zarif (1999)**, Fiziksel ve mekanik özelliklerin, kayacın mineralojik ve dokusal özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu kapsamda granitik kayaçların mühendislik özellikleri ile petrografik özellikleri arasında anlamlı ilişkiler bulmayı

amaçlamışlardır. Türkiye'nin çeşitli yerlerinden aldıkları değişik özellikteki granitik kayaların örnekler derlenip bunların petrografik özellikleri incelenmiştir. Bunun yanında özgül ağırlık, kuru ve doymun birim hacim ağırlık, su emme, efektif ve toplam porozite, sonik hız, Schmidt sertliği, nokta yük direnci, tek eksenli basınç direnci, kesme direnci ve elastisite modülü gibi fiziksel ve mekanik özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler ile petrografik özellikler arasındaki özellikler basit regresyon analizleri ile tanımlanmıştır. Bu çalışma sonucunda dokusal özelliklerin mühendislik parametreleri üzerinde mineralojik özelliklere oranla göre daha etkili olduğu belirtilmiştir. Bunun yanında granitik kayalarda kontakların tipi, tane (mineral) şekli ve boyutunun mühendislik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir.

**Nickmann vd. (2006)**, zayıf kayalarda yapılan çalışmalar, genelde kullanılan performans deneylerinin, örneğin kabul edilen uluslararası standartlar (DIN, O-Norm, ASTM), veya önerilen metotların (IAEG, ISRM) doğrudan doğruya uygun cevapları kapsamadığı ve zayıf kayanın uzun vadede yapıdaki davranışını yansıtmadığını ve dayanım hakkındaki yanlış değerlendirmeler, önemli stabilite, kazılabilirlik, kazılan malzemenin toplanıp taşınması gibi konularda önemli problemlere neden olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında 7 ayrı lokasyondan 40 değişik tip kayaç (kum taşı, çamurtaşı/kiltaşı-silttaşı ve marn) incelenmiştir. Kayaçların sadece genel özellikleri ve suya karşı duraylılıkları değil, aynı zamanda gözeneklilik, karbonat içeriği, tane boyu dağılımı ve basınç direnci gibi diğer kaya parametreleri de belirlenmiştir. Bu özellikler kullanılarak yapılan sınıflamada suya karşı duraylılık indeksinin başını çektiği ve farklı kayaç duraylılığını etkileyen en önemli faktör olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla duraylılığın sadece tek bir parametreye bağlı olduğunu değil, basınç direnci, tane boyu ve gözeneklilik gibi birkaç parametrenin birleşimine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu sınıflama ile birlikte yapısal direnç denilen ve zayıf kaya ile sağlam kaya arasındaki geçişi tanımlayan sınırı daha kesin bir şekilde tanımlayabileceklerini belirtmişlerdir.

**Korkanç (2007)**, Nevşehir dolayında geniş alanlarda yüzeylenen Kavak ignimbiritlerine ait farklı renklerdeki piroklastikleri seçtiği çalışmada, renk ve dokusal özellikleri çok sık değişim göstermelerinden dolayı 6 farklı alanda örnekleme yapmıştır. Derlenen bu örneklerin öncelikle petrografik ve kimyasal özellikleri belirlemiş olup, jeomekanik özelliklerini belirlenmek amacıyla da standart kaya mekaniği deneyleri yapmıştır. Elde edilen verilere göre, incelenen piroklastiklerin iyi

kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde olduğu, bunların jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya koymuştur. Özellikle opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdiklerini belirtmiştir.

**Ionanna vd. (2009)**, Euboea adası ve Peloponesus (Yunanistan) bölgesine ait sert zemin-zayıf kaya karakterleri marnların jeoteknik özelliklerinin değişimini incelemişlerdir. Bu kapsamda bu örnekler üzerinde likit ve plastik limit testleri, tane boyu dağılımının belirlenmesi, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ve nokta yük direnci gibi çeşitli fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Minerolojik bileşimlerin ise X-Ray difraksiyon, termo-gravimetrik ve termal analizler ile belirlenmiş, dokusal özellikler ise polarizan mikroskop ile belirlendiği vurgulanmıştır. Yukarıda belirtilen testlerin yardımıyla marnların jeoteknik özellikleri ile minerolojik bileşimleri ve dokusal özellikleri arasındaki ilişkiler yorumlanmıştır. Kayaçta durabilite ve serbest basınç mukavemetinin yüksek oranda bulunan karbonat mineralleri tarafından kontrol edildiğini belirtmiştir. Bunun yanında kil mineral içeriğinin düşük olduğu örneklerin nispeten daha yüksek direnç ve duraylılığa sahip olduğunu belirlemiştir.

**Türkdönmez ve Bozcu (2012)**, çalışmalarında Çan-Etili civarında yaygın yayılımları bulunan Geç Oligosen–Erken Miyosen yaşlı ve Çan volkanizmasının piroklastik ürünlerinden tüflerin jeolojik, petrografik, kimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri araştırılarak, bunların kaplama ve yapıtaşı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde ettikleri veriler ışığında bölgedeki riyolitik bileşimli tüflerin petrografik ve kimyasal özellikleri ile fiziko-mekanik özellikleri arasında dolaylı bir ilişkinin varlığını belirlemiştir. Özellikle petrografik incelemelerinde taneleri bağlayan matriksin (volkanik cam) içerdiği boşluklar ve ince taneli kaya parçası miktarına bağlı olarak yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının daha yüksek değerler gösterdiklerini belirtmişlerdir. Kimyasal analizlerde ise özellikle SiO<sub>2</sub> içeriği düşük örneklerin basınç dayanımlarının da düşük olduğu gözlemiştir.

## BÖLÜM II

### MATERYAL METOT

2009-2012 yılları arasında Niğde, Nevşehir ve Kayseri il sınırları içerisinde yer alan Kapadokya yöresi piroklastikleri üzerinde sürdürülen bu çalışma; büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

#### 2.1 Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarına 2009 yılı sonundan itibaren araştırma konusu ile ilgili literatür derlemeleriyle başlanmıştır. Yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen bütün veriler, bilgisayar ortamına aktarılarak, farklı özelliklere sahip proklastiklerde direnci etkileyen özelliklerin karşılaştırılması yapılmıştır.

#### 2.2 Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları ve örnek derlenmesi, 2010 yılı yaz aylarında yoğun saha çalışmaları çevrevesinde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları, bölgede piroklastik kayaların yayılım sunduğu alanlarda özellikle eski taş ocakları ile işletilmekte olan taş ocaklarında ve mostranın iyi gözlendiği alanlarda yoğunlaştırılmıştır. Bu çalışmalar sırasında piroklastik kayaların kütleli ölçekte, ayrışma, süreksizlik özellikleri, yayılımı, rengi ve diğer özellikleri de incelenmiştir. Piroklastiklerin renk ve dokusal özelliklerinde değişim gözlenen alanlardan bu değişime bağlı olarak blok örneklemeleri yapılmıştır.

#### 2.3 Laboratuvar Çalışmaları

Deneysel çalışmalar, araziden derlenen standartlara uygun örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Piroklastikler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmaları, başlıca; petrografik incelemeler, kimyasal analizler, fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi şeklinde yürütülmüştür.

Saha çalışmalarında derlenen örnekler üzerinde çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan laboratuvar çalışmaları aşağıdaki şekilde yürütülmüştür:

1. Farklı alanlarda yüzeylenen piroklastiklerin yanı sıra, aynı alandan farklı fasiyesteki kesimlerinden de örneklemeler yapılmıştır. Alınan örneklerden öncelikle ince kesit hazırlanmış ve bu kesitler polarizan mikroskopunda incelenmiş, kayacın dokusal ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmaların bir kısmı bölümümüz laboratuvarlarında bir kısmı da Jena Üniversitesinde (Almanya) gerçekleştirilmiştir.
2. Kayaçlardaki bileşim değişimlerinin belirlenmesi için polarizan mikroskobu ile yapılan çalışmalar bazen yeterli olmamaktadır. Bu amaçla kimyasal analizlerin yapılması planlanmıştır. Örneklerin içermiş oldukları ana element oksitleri belirlenmesi amacıyla Kızılkaya, Gördeles İgnimbiritleri ve Melendiz Tüflerinin analizleri ICP-AES metodu ile KANADA - ACME laboratuvarlarında Kavak İgnimbirine ait örneklerinin analizleri ise XRF yöntemi ile Jena Üniversitesinde (Almanya) yaptırılmıştır.
3. Farklı bileşim ve özellikteki piroklastiklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla karot örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan karot örnekler üzerinde; kuru ve doymuş birim ağırlık, su emme, efektif porozite, nokta yük dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, P-dalga hızı, kılcal su emme deneylerinin yapılmıştır. Ayrıca küresel örneklerden suda dağılma (Slake-durability) indeksi belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarında özellikle dayanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneyler yapılmadan önce laboratuvara getirilen bloklar üzerinde dayanım belirlemeye yönelik çivi penetrasyon testi uygulamaları yapılmıştır.

## BÖLÜM III

### BULGULAR

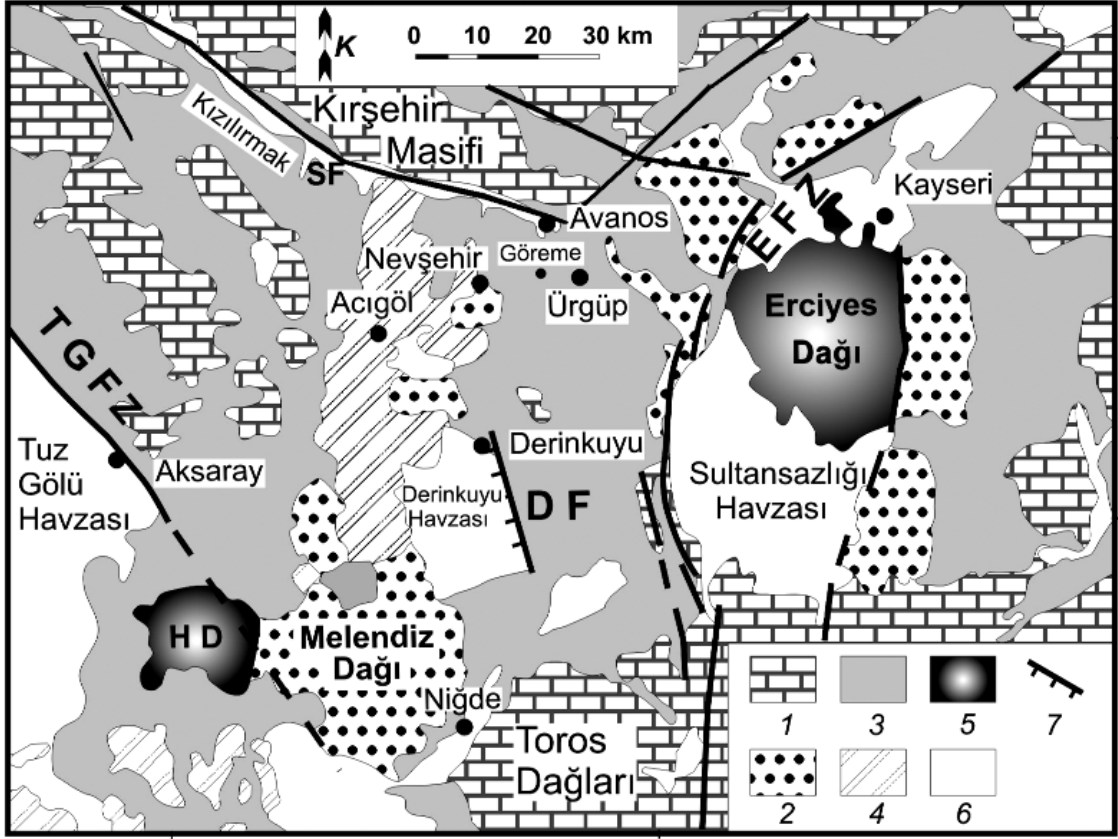
#### 3.1 Bölgesel Jeoloji

Kapadokya Bölgesi, genellikle Neojen-Kuvaterner'e ait volkanik birimlere örtülü olup, KD-GB doğrultulu ve uzun ekseni 300 km kadar olan bir kuşak şeklindedir. Bu bölgenin en yaygın birimlerini Yeşilhisar Formasyonu, Ürgüp Formasyonu ve Kuvaterner çökelleri oluşturmaktadır (Şekil 3.1). Bu birimlerin temel kayalarını ise ofiyolit (gabro ve piroksenit) ve magmatik kayalar (siyenit ve monzonit) oluşturmaktadır. Yeşilhisar Formasyonu ise çamurtaşı, kumtaşı ve konglomera ardalananmasıyla temsil edilmektedir (Temel 1992).

Yeşilhisar Formasyonunu uyumsuzlukla üzerleyen ve piroklastik birimlerden oluşan Ürgüp Formasyonu bölgede geniş bir yayılıma sahiptir ve Geç Miyosen-Pliyosen yaşlıdır (Temel, 1992). Litolojik olarak düşey ve yatay yönde gösterdiği değişimler ele alınarak, bu formasyon Temel vd. (1998) tarafından Kavak, Zelve, Sarımaden, Damsa, Cemilköy, Tahar, Gördeles, Sofular, Topuzdağ, Kızılkaya, Valibaba Üyelerine ayrılmıştır.

Bölgede iki fay sistemi bulunmaktadır. Bunlardan biri KB-GD doğrultulu ve aktif Tuzgölü Fay Zonu, diğeri ise KD-GB doğrultulu ve bölgenin uzun ekseniyle paralel olan Ecemiş Fay Zonu'dur.

Bu çalışmada Kapadokya Bölgesi formasyonlarının tümü yerine, sadece incelenen formasyonların jeolojik özelliklerine ayrıntılı olarak yer verilmiştir.



**Şekil 3.1.** Kapadokya yöresinin jeoloji haritası, 1. Temel kayalar, 2. Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik birimler, 3. Piroklastikler ve güncel karasal birimler, 4. Kuvaterner volkanizması, 5. Büyük Kuvaterner volkanları, 6. Alüvyonlar, 7. Önemli faylar (TGFZ: Tuz Gölü Fay Zonu, EFZ: Ecemiş Fay Zonu, DF: Derinkuyu Fayı, SF: Salanda Fayı) (Temel vd., 1998; Aydan vd., 2007'den alınmıştır).

### 3.2 İncelenen Birimlerin Jeolojik Özellikleri

#### 3.2.1 Kavak İğnimbiriti

Ürgüp Formasyonuna ait volkano-sedimanter istifin en alt temelini Kavak Üyesi oluşturmaktadır. Kavak Üyesi, kül ve akıntı ürünlerinin volkanik-kırıntılı malzeme ile ara tabakalanmasından oluşmaktadır (Topal ve Doyuran, 1997). Birim ilk defa Pasquare (1968) tarafından Kavak Üyesi olarak adlandırılmıştır. Schmacher ve dig., (1990) tarafından Alt ve Üst Göreme İğnimbiritleri olarak ikiye ayrılan birim, Ercan vd., (1990) tarafından Gülşehir Tüfü olarak, Temel (1992) tarafından Kavak Üyesi, Le Pennec vd., (1994) tarafından ise Kavak İğnimbiriti olarak adlandırmıştır. Kavak Üyesi adını, en tipik gözleendiği Kavak köyünden almıştır (Pasquare, 1968). Temel vd., (1998)'e göre, 2600 km<sup>2</sup>'lik bir yayılım alanına sahip olan bu üyenin kalınlığı 10 ile 150 m arasında değişmektedir.

Bölgede piroklastik akıntılarının ilk ürünlerini oluşturan Kavak İgnimbiriti birbirlerinden konglomeratik, laharik veya flüviyatik oluşumlarla ayrılan kaynaklaşmamış piroklastik akıntılardan oluşmaktadır (Dönmez ve diğ., 2003). Schumacher vd., (1990) tarafından Alt ve Üst Göreme İgnimbiriti olarak ikiye ayrılmıştır. Kavak İgnimbiriti genellikle homojen bir yapıya sahip olup, biyotit ve hornblend mineralleri içeren andezit ve dasit türü yabancı kayaç parçalarıyla, matriksinde önemli ölçüde biyotit içermektedir (Pasquare, 1968). Pomzalar, mineral içermelerinin yanı sıra, köpüksü bir yapı göstermektedirler. Birim Karadağ'da alterasyona uğramış ve yer yer silisleşmiştir (Dönmez vd., 2003).

Birimin alt ve üst sınırı çok iyi gözelenememektedir. Ancak Sultansazlığı batısında Erdemsin Aglomerası'nın üzerine, Kavak civarında Mesozoyik yaşlı ofiyolitik karmaşık üzerine gelmektedir. Alt dokanağı erozyonlu olup, üst dokanığında yer yer daha genç çökel ya da volkanik ürünler yer almaktadır (Dönmez vd., 2003).

Kavak İgnimbiriti'nin gerek stratigrafik konumu, gerekse bazı araştırmacılar tarafından yapılan radyometrik yaş tayinlerine dayanılarak Üst Miyosen yaşta aktivite gösteren volkanik etkinlik sırasında oluştuğu bilinmektedir (Dönmez vd., 2003). Bu birime ait tuf akıntılarında, biyotitlerde K/Ar yöntemiyle Innocenti vd. (1975) tarafından  $8,6 \pm 17$  my., Temel (1992) tarafından  $11,2 \pm 2,5$  my. Schumacher vd., (1992) tarafından  $8,96 \pm 0,2$  my. ortalama yaşları saptanmıştır.

### **3.2.2 Gördeles İgnimbiriti**

Beekman (1966)'ya göre gri-mor yer yer renkli, pomza, litik ve vitrik parçalar içeren tek bir piroklastik akıntıda oluşan birim adını Gördeles Köyü'nden almaktadır. Temel (1992)'ye göre birimin kalınlığı 7 ile 10 m. arasında değişmektedir. Birimin alt kesimleri daha ince taneli olup matriksi bol miktarda biyotit içermektedir. Üst kesimlere doğru pomzaların tane boyu artmaktadır. Birim yer yer gaz kaçış boruları içermektedir (Dönmez vd., 2003).

Gördeles İgnimbiriti içerisinde gözelenen pomza parçalarının kendine özgü bir iç yapısı olup, pomzaların bu özelliği yardımıyla birimi diğer ignimbiritik seviyelerden ayırmak mümkün olabilmektedir. Pomzaların içerisindeki iri feldispat ve kuvars minerallerinin

lifsi, kıymıksı mineraller tarafından bir gözü andıracak şekilde sarılması ve ignimbiritlerin gri mor rengi oldukça tipiktir. Pomzalar bol miktarda feldispat, biyotit, kuvars ve amfibol içermektedir (Dönmez vd., 2003).

Temel (1992) tarafından yapılan mikroskop incelemelerinde hipokristalin-porfirik doku gösteren kayaç örnekleri, plajjoklas, biyotit, klinoproksen, amfibol kuvars, opak mineraller ile pomza ve kayaç parçacıkları içermektedir. Hamur önemli ölçüde volkanik cam kıymıkları ile az miktarda mikrolitlerden oluşmaktadır. İçindeki kayaç parçacıkları, andezit ve bazaltik bileşimde olup yer yer yuvarlaklaşmıştır. Pomzalar da yapılan mikroskopik incelemeler ise bunların biyotit, piroksen, plajjoklas, kuvars ve opak minerallerden oluştuğunu göstermektedir (Temel 1992).

Birim Gördeles Köyü'nün yaklaşık 2-3 km güney-güneydoğusunda ofiyolitik kompleks üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Diğer alanlarda ise üst dokanağı, birimin altındada yer alan kırmızımsı killi kumlu tuf, çakıllı kumlu kil ve kumtaşından oluşan birimle uyumludur (Dönmez vd., 2003).

Birimde İnnocenti vd., (1975) tarafından yapılan yaş tayinlerinde  $6.8 \pm 1.4$  ve  $7.8 \pm 1.6$  my'lik yaşlar elde edilmiştir. Bu radyometrik yaş tayinleri Gördeles İgnimbiriti'nin Üst Miyosen'de oluştuğunu göstermektedir.

### **3.2.3 Kızılkaya İgnimbiriti**

Kızılkaya ignimbiriti uzaktan bakıldığında yatay konumlu bazalt akıntılarını andırmaları ile karakteristiktirler. Eklemlili ve sütunsal çatlaklı bir yapıya sahip olan ignimbiritler kirlili beyaz, sarımsı ve kahverenkli dış görünümü, taze rengi ise sarımsı beyazdır (Batum, 1978). Birim ilk kez Beekman (1966) tarafından Kızılkaya Köyü'ndeki yayılımı nedeniyle adlandırılmıştır. Oldukça geniş alanlar kapsamaktadır. Yeşilhisar (Kayseri), Ürgüp (Nevşehir), Develi (Kayseri), Aksaray, Niğde arasında her alanda mostralara rastlanır. Yaklaşık 4800-5000 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplamaktadır (Pasquare, 1968). Kızılkaya İgnimbiriti Temel (1992), Schumacher ve Schumacher (1996)'ya göre tek bir seviyeden ibaret değildir. Alttan üste doğru farklı ignimbirit ve tüflü düzeyler içermektedir.

Dönmez vd. (2003) çalışmalarında Kızılkaya İgnimbiriti'nden farklı seviyelerden alınan kesitlerde birbirinden farklı beş seviye tespit edilmiştir. En altta beyaz sarı tüf ve pomzalardan oluşan birim yer alır. Bunu gri-pembe renkli, kuvars ve feldispatların etrafını saran sarmal şekilli pomzalarla lifsi yapıdaki pomzalı seviyelerin yer aldığı 3-5 m. pliniyen türü oluşuklardan oluşan bir düzey izler. Daha yukarıda, gri, beyaz renkli, bol boşluklu, ignimbitik seviye yer alır. Bu seviyede gözlenen irili ufaklı boşluklar, birim içerisinde yer alan pomza parçacıklarının ayrışarak dağılıp gitmesiyle oluşmuştur. En üst kesimde genel olarak herkesin hafızasında yer alan kahve, kırmızı renkli sütunsal yapılı, iyi kaynaklaşmış ignimbitik düzey gözlenir. Fakat Kızılkaya İgnimbiritlerinin arazide genel bulunuş şekli daha sadedir. Altta, kırmızı-kahve renkli akarsu çökellerinin yer aldığı bir istif yer alır. Bunu taban türbülans (base surge) çökelleri izler ve bu çökeller üzerine geçişli olarak gri-pembe renkli ince, orta ve iri taneli pomzaların yer aldığı pliniyen türü döküntülerden oluşan gevşek bir düzey gelir. Bu birim her yerde çizgisel bir geçişle kırmızı, kahve renkli iyi pekişmiş ignimbiritlere geçer.

Kızılkaya İgnimbiriti'nin dokanak ilişkileri yüzelediği her yerde gayet açıktır. Kendinden önceki tüm birimleri örterler ve bunu her yerde görmek mümkündür. Yeşilhisar civarında Üst Miyosen volkanitlerini üzerleyen ignimbiritler, Ürgüp Formasyonu'na ait gölsel çökeller üzerine gelir. Kimi yerlerde Gördeles, kimi yerde Cemilköy İgnimbiritleri üzerinde akmaktadır. Birim Kışladağ Kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir. Soğanlı vadisinde Soğanlı-Nevşehir yolu üzerinde Güzelöz Köyü civarında bu ilişki görülebilir. En önemli dokanak ilişkisi ise Develi yakınlarında (Kayseri) görülür. Develi doğusunda, Tahtalararası Dere'de İncesu İgnimbiritinin altında gözlenmektedir. Bu ilişki Kızılkaya İgnimbiriti'nin en azından Sultansazlığının doğusuna kadar ulaşabildiğini ya da Sultansazlığının bu esnada henüz açılmamış olabileceğini göstermektedir (Dönmez vd., 2003).

Petrografik incelemelerde vitroklastik dokuda olduğu tespit edilen ignimbiritlerin, volkanik cam parçaları plajiyoklas ve biyotitin volkanik külden oluşmuş bir hamur maddesi içinde yer aldıklarını belirtmişlerdir (Batum, 1978).

Kızılkaya İgnimbiriti'nden yapılan yaş tayinlerinde Innocenti vd. (1975), Karahöyük'de  $4.4 \pm 0.1$  ve Başköy'de  $5.4 \pm 1.1$  ve  $5.1 \pm 0.3$  my., Schumacher vd., (1990),  $4.3$  my. ,

Batum (1978), ignimbiritlerdeki biyotitler üzerinde K/Ar yöntemiyle yaş tayini yapmış ve 4,9-5,5 ± 0,2 my.' yaşlar bulunmuşlardır. Buna göre birimin yaşı Alt Pliyosendir.

### **3.2.4 Meledizdağ Tüfü**

İlk kez Beekman (1966) tarafından adlandırılan Melendizdağ Tüfü, gri, sarımsı, beyazımsı renkte, plajiyoklas, piroksen, olivin fenokristallerinin içinde yer aldığı volkanik kayaç parçalarını bağlayan koyu kırmızı, kahverenkli volkanik camdan oluşmuştur (Atabey vd., 1990).

Birimin alt dokanağı Melendizdağ aglomerası ile üst dokanağı ise Melendizdağ andeziti ile geçişlidir. Andezitik lav akıntılarının altında yer almaktadır. Birimde limonitleşme ve silisleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Manganez ve kükürt çökelleri kapsar. Kükürt oluşumlarının varlığı, volkanik faaliyette solfator safhasına geçildiğine işaret edebilir (Atabey vd., 1990).

Melendizdağ Volkanitlerinden K/Ar yöntemiyle yapılan yaş tayinlerinde 1.1±0.2 (Kuvaterner) my'lık yaşlar elde edilmiştir (Türkecan vd., 2003).

### **3.3 İncelenen Örneklerin Lokasyon Tanımlamaları**

Arazi çalışmaları esnasında farklı renk ve dokusal özelliklere ve kaynaşma durumlarına göre ayrılan örnekler için kısa tanımlama ve adlandırmaları aşağıda sunulmuştur (Çizelge 3.1). Arazi çalışmaları sırasında, yörede yaygın olarak gözlenen piroklastiklerin renk ve dokusal özelliklerinin arazide çok sık değiştiği gözlenmiştir. Bu nedenle farklı renk ve dokusal özelliklere sahip örnekler, ayrıntılı olarak tanımlanmış ve temsilci blok örnekleme gerçekleştirilmiştir. Arazide inceleme ve gözlemlerinin yapıldığı alanlara ilişkin veriler fotoğraflarla desteklenerek sunulmuştur.

**Çizelge 3.1.** İncelenen örneklerin lokasyon tanıtımı ve kayaç özellikleri

Örnek No	Formasyon	Lokasyon	Kayaç özellikleri	Litoloji tipi
K1	Kızılkaya	Gümüşler-Üçkapılı Köyü arası	Az boşluklu, pembemsi beyaz renkli, iri kaya kırıntılı, sert yapılı	İgnimbirit
K2	Kızılkaya	Uluğaç Köyü taş ocağı	Homojen, ince taneli, pomza çakıllı, beyazımsı pembemsi renkli, yumuşak yapılı	ignimbirit
K3	Kızılkaya	Aktaş Köyü taş ocağı	Homojen, İri pomza çakıllı, açık pembemsi beyaz renkte, yumuşak yapılı	İgnimbirit
K4	Kızılkaya	Kemerhisar – Gökbez arası otoyol kenarı eski taş ocağı	Homojen, ince taneli, pomza çakıllı, gri renkli, sert yapılı	İgnimbirit
K5	Kızılkaya	Karatlı Köyü doğusu kaya mezarları mevki	Homojen, kaya kırıntısı oranı fazla, pembemsi beyaz renkli sert yapılı	İgnimbirit
K6	Kızılkaya	Çavdarlı Köyü, Niğde-Çamardı yolu kenarı	Büyük ve sık pomza çakıllı, kahverengimsi bej renkli, kaynaşma oranı düşük, yumuşak yapılı	İgnimbirit
K7	Kızılkaya	Yarhisar Köyü Çamardı yolu Çıkışı	Homojen, ince taneli, pembemsi gri renkli, sert yapılı	İgnimbirit
K8	Kızılkaya	Elmalı Köyü Çamardı yolu çıkışı	Homojen, ince taneli, pembemsi krem renkli	İgnimbirit
K9	Kızılkaya	Kızılören Köyü taş ocağı	Homojen, yer yer iri kaya kırıntılı ve pomza çakıllı, açık pembe renkli	İgnimbirit
K10	Kızılkaya	Araplı Köyü	İnce taneli, homojen, gri renkli, sert yapılı	İgnimbirit
K11	Kızılkaya	Edikli Köyü taş ocağı	İnce taneli homojen grimsi pembe renkli, sert yapılı	İgnimbirit
G1	Gördeles	Doğanlı Köyü	İnce taneli, iri pomza çakıllı, pembemsi gri renkli, sert yapılı	İgnimbirit
KA1	Kavak	Nevşehir Saraytaş taş ocağı	Matriksi pembe- beyaz renkli, eş boyutlu ve beyaz renkli taneli, az oranda koyu renkli taneli	İgnimbirit
KA2	Kavak	Nevşehir Saraytaş taş ocağı	Makriksi pembe renkli, beyaz pomza taneli, taneleri hemen hemen eş boyutlu	İgnimbirit
KA3	Kavak	Nevşehir Saraytaş taş ocağı	Matriksi sarı, beyaz eş taneli, kaya kırıntısı oranı düşük, sert yapılı	İgnimbirit
KA4	Kavak	Nevşehir Saraytaş taş ocağı	Açık beyazımsı krem matriksli, iri pomza çakıllı, beyaz eş boyutlu taneli, sert yapılı	İgnimbirit
KA5	Kavak	Nevşehir Saraytaş taş ocağı	Matriksi krem renkli, ince taneli, kaya kırıntısı oranı düşük	İgnimbirit
M1	Melendiz	Niğde Merkez, Yukarı Kayabaşı Mahallesi, Eski Taş Ocağı Alanları	Homojen, ince taneli, sarı-krem renkli, sert yapılı	Tüf
M2	Melendiz	Niğde Merkez, Yukarı Kayabaşı Mahallesi, Eski Taş Ocağı Alanları	Koyu sarı renkli, Yumuşak özellikli, kaya kırıntısı oranı az	Tüf
M3	Melendiz	Niğde Merkez, Yukarı Kayabaşı Mahallesi, Eski Taş Ocağı Alanları	İri çakıllı yer yer bloklu, boşluklu, kırmızımsı sarı renkli, yer yer akma bantlı	Tüf
M4	Melendiz	Akkaya barajı sağ sahil kesimi	Sarımsı, grimsi bej renkli, ince taneli, sert yapılı	Tüf

Niğde, Nevşehir ve Kayseri yöresinde yayılım sunan ignimbiritlerden farklı renk doku ve kaynaşma özellikleri farklı olan piroklastiklerden taş ocakları ve yol yarmalarından 17 farklı örnek derlenmiştir. Özellikle Kızılkaya İgnimbiritlerine ait örneklerin derlendiği alanlarda yüzeye yakın kesimlerde ayrışma belirgin olup kayaçta süreksizliklerde belirgindir. Yöre ignimbiritlerinde işletilen bazı ocaklarda taş çıkarma ilkel yöntemler ile yapılmaktadır. Süreksizlik düzlemleri boyunca elde edilen büyük boyutlu taşlar daha sonra keski, madırğa ve balyoz ile boyutlandırılmaktadır.

Niğde yöresi ignimbiritleri arasında kaynaşma oranı düşük, boşluklu ve yumuşak yapısı ile en belirgin örnekler Uluğaç Köyü ve Aktaş Köyü taş ocakları ile Çavdarlı Köyü çıkışı yol yarması alanlarındaki örneklerde rastlanmıştır (Fotoğraf 3.1, 3.2, 3.8). Özellikle hala aktif olarak işletilen Uluğaç Köyü ve Aktaş Köyü taş ocaklarında ignimbiritlerin kalınlığı ve yayılımı oldukça fazladır. Üst kesimlerde ayrışma etkisi 40-50 cm'lik kesimlerde belirgin olup, derinlere doğru bu etki ortadan kalkmaktadır. Birimde süreksizlikler Kızılkaya İgnimbiritlerinde karakteristik olan düşey yönlü çatlaklardır ve uzanımları 10 metreden fazladır. Bu düzlemler taş çıkarmada oldukça etkin olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında kaynaşma oranı yüksek, boşluk oranı az ve sert yapılı örnekler Gümüşler-Üçkapılı Köyü arası, Kemerhisar – Gökbez arası otoyol kenarı eski taş ocağı, Karatlı Köyü doğusu kaya mezarları mevki, Yarhisar Köyü, Araplı Köyü, Edikli Köyü Taş Ocağı alanlarından alınmıştır (Fotoğraf 3.4, 3.5, 3.6, 3.7). Özellikle Edikli ve Kemerhisar yöresindeki masif yapılı, kalın ve geniş yayılım sunan ocaklarda hala ilkel yöntemlerde taş çıkarılmakta ve kullanılmaktadır. Elmalı Köyü ve Kızılören köyü taş ocaklarından derlenen örnekler önceden bahsettiğimiz yumuşak yapılı ignimbiritlere göre daha sert yapılı ve daha az boşlukludur (Fotoğraf 3.3). Bu yörelerdeki ocaklarda çeşitli dönemlerde işletilmiş olup, dönem dönem taş alımı yapılmaktadır.



**Fotoğraf 3.1.** Aktaş Köyü taş ocağından bir görünüm



**Fotoğraf 3.2.** Uluğaç Köyü taş ocağından bir görünüm



**Fotoğraf 3.3.** Kızılören Köyü taş ocağından bir görünüm



**Fotoğraf 3.4.** Kemerhisar-Gökbez arası taş ocağından bir görünüm



**Fotoğraf 3.5.** Edikli Köyü taş ocağından ilkel yöntemlerle taş çıkarılmasından görünüm



**Fotoğraf 3.6.** Karatatlı Köyü'ndeki ignimbiritlerde açılmış kaya mezarlarından görünüm



**Fotoğraf 3.7.** Yarhisar Köyüdeki önceden taş alınmış ignimbiritlerden bir görünüm



**Fotoğraf 3.8.** Çavdarlı Köyü yakınlarında ignimbiritlere oyulmuş kaya yapıları

Niğde yöresinden Niğde sarısı olarak bilinen Melendiz Tüflerinden farklı litik tane oranı ve boyutlarına sahip örneklerden 4 blok örnekleme yapılmıştır. Bu kayalar özellikle Niğde yöresindeki tarihi yapılarda yapı taşı olarak kullanılmıştır (Fotoğraf 3.9).



**Fotoğraf 3.9.** Niğde Merkez, Yukarı Kayabaşı Mahallesi, eski taş ocağı alanı

Nevşehir yöresi taş ocakları Avanos yolu üzerinde olup, Kavak İgnimbiritlerine ait piroklastiklerin işletildiği belli alanda yayılım sunan bu ocaklarda makineli kesim yapılmaktadır (Fotoğraf 3.10). Çıkarılan taşlar renklerine göre ayrılmakta ve istenilen ölçüde boyutlandırılmaktadır (Fotoğraf 3.11). Bölgede oldukça sık renk değişiminin gözlemlendiği ocaklardan çıkarılan taşlar, yakın alanlarla birlikte ülkemizin birçok alanında duvar taşı ve bina kaplama taşı olarak kullanılmaktadır.



**Fotoğraf 3.10.** Nevşehir yöresi ocaklarında makineli kesimle taş çıkarılmasından görünüm



**Fotoğraf 3.11.** Nevşehir yöresi ocaklarında makine ile düzgün kesilen taşlardan görünüm

### 3.4 İncelenen Örneklerin Kimyasal Özellikleri

Çalışmaların yürütüldüğü Kızılkaya, Gördeles, Kavak İgnimbiritler ile Melendiz Tüflerine ait örneklerin kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Araziden derlenen taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizlerde ana oksit içerikleri saptanmıştır. Kızılkaya, Gördeles İgnimbiritleri ve Melendiz Tüflerinin analizleri ICP-AES yöntemi ile KANADA-ACME Laboratuvarlarında, Kavak İgnimbiritine ait örneklerinin analizleri ise XRF yöntemi ile Jena Üniversitesi'nde (Almanya) yaptırılmıştır. Örneklere ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te sunulmuştur.

**Çizelge 3.2.** Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerine ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Özellik (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	A.K (1000°C)	Toplam
K1	72,96	13,05	1,87	0,64	1,41	2,98	4,04	0,23	0,06	0,06	2,4	99,93
K2	73,45	13,28	1,57	0,28	1,90	3,73	4,18	0,25	0,15	0,04	1,1	100,6
K3	69,32	14,69	3,16	0,57	2,26	3,76	4,45	0,34	0,08	0,09	1,0	100,05
K4	69,68	14,71	2,78	0,60	2,39	3,83	4,49	0,33	0,09	0,07	0,9	100,06
K5	74,24	13,05	1,88	0,25	1,49	3,61	3,98	0,23	0,04	0,06	1,0	100,07
K6	69,67	14,10	1,76	0,73	1,93	3,05	3,59	0,25	0,08	0,06	4,7	100,00
K7	68,24	15,66	2,96	0,47	2,61	3,99	4,10	0,36	0,10	0,06	1,3	99,97
K8	67,68	16,08	3,09	0,61	2,42	3,84	4,24	0,38	0,08	0,09	1,3	100,00
K9	69,97	14,98	2,64	0,46	2,06	3,84	4,28	0,33	0,08	0,08	1,1	99,97
K10	74,64	13,06	1,43	0,30	1,35	3,39	4,28	0,23	0,04	0,02	1,2	100,01
K11	75,12	12,87	1,39	0,26	1,14	3,46	4,53	0,22	0,05	0,03	0,8	100,00
G1	73,21	13,29	1,61	0,47	1,74	3,35	4,13	0,24	0,05	0,06	1,7	99,98

Kızılkaya İgnimbiritlerine ait taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre; % 67,68- 75,12 arasında değişen miktarda SiO<sub>2</sub> içerdikleri belirlenmiştir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 12,87- 16,08 arasında değişim göstermektedir. Toplam Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı, % 1,43- 3,16 arasında olup, MgO % 0,25 ile 0,73, CaO % 1,35 ile 2,61 arasında değişen değerler sunmaktadır. Na<sub>2</sub>O % 2,98 ile 3,99, K<sub>2</sub>O % 3,59- 4,53 arasında değişen değerlere sahiptir. TiO<sub>2</sub> % 0,22- 0,38, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,04 ile 0,15 arasında değişen değerler sunmaktadır. MnO değerleri 0,02 ile 0,09 arasındadır. Örneklerin ateşte kayıp değerleri yüksek olup % 0,8- 4,7 arasında değişmektedir .

**Çizelge 3.3.** Kavak İgnimbiritine ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Özellik (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	A.K (1000°C)	Toplam
KA1	78,74	16,15	2,15	0,02	2,20	0,06	0,25	0,24	0,07	0,06	7,42	99,94
KA2	72,67	17,01	3,35	0,54	3,11	0,11	2,31	0,35	0,07	0,04	7,79	99,63
KA3	82,56	14,83	1,61	<0,01	0,07	0,07	0,24	0,24	0,06	<0,001	6,08	99,68
KA4	86,23	12,82	0,27	<0,01	0,09	0,07	0,20	0,20	0,02	<0,001	4,98	99,90
KA5	74,84	17,06	2,92	0,11	1,53	0,11	2,68	0,31	0,11	0,06	6,55	99,78

Kavak İgnimbiritlerine ait taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre; % 72,67- 82,56 arasında değişen miktarda SiO<sub>2</sub> içermektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı % 12,82- 17,06 arasında değişim göstermektedir. Toplam Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı, % 0,27- 2,15 arasındadır. MgO % 0,001'den düşük değerler ile 0,54, CaO % 0,07 ile 3,11 arasında değişen değerler sunmaktadır. Na<sub>2</sub>O % 0,06 ile 0,11, K<sub>2</sub>O % 0,20- 2,68 arasında değişen değerlere sahiptir. TiO<sub>2</sub> % 0,24- 0,35, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> % 0,02 ile 0,11 arasında değişen değerler sunmaktadır. MnO değerleri oldukça düşük olup % 0,001'den düşük değerler ile 0,06 arasındadır. Örneklerin ateşte kayıp değerleri yüksek olup % 4,98- 7,79 arasında değişmektedir.

**Çizelge 3.4.** Melendiz tüflerine ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları

Özellik (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	A.K (1000°C)	Toplam
M1	58,43	8,38	9,30	0,12	0,52	0,66	4,39	0,60	0,40	0,01	17,0	99,94
M2	63,62	3,55	11,65	0,09	0,39	0,54	3,37	0,75	0,60	0,01	15,3	100,04
M3	68,41	5,15	7,18	0,11	0,37	0,51	2,49	0,91	0,55	0,02	14,1	99,98
M4	89,40	2,03	0,40	0,03	0,12	0,51	0,44	0,78	0,06	<0,01	6,1	100,01

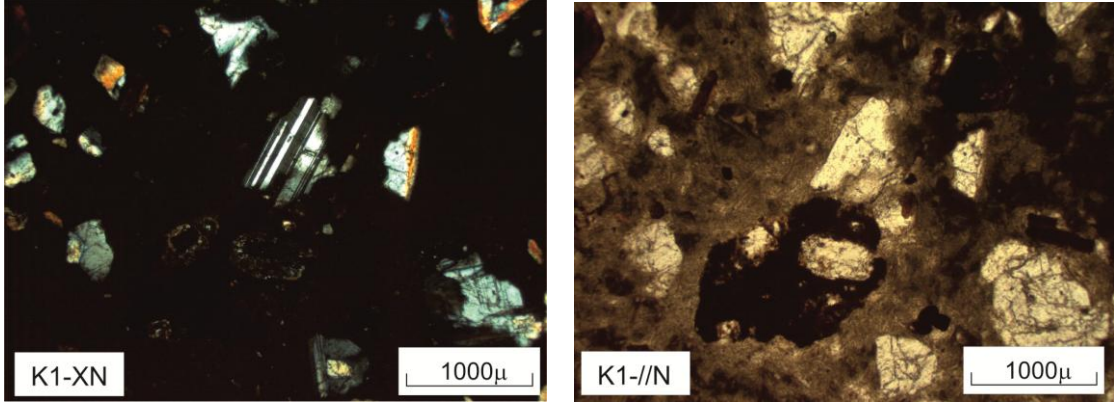
Melendiz tüflerine ait örneklerde ait kimyasal analizlerde (M4 hariç) toplam demir oranlarının yüksek olduğu görülmüştür (% 7,18- 11,65 arasında). Ateşte kayıp oranları da diğer örneklere oranla oldukça yüksektir (% 14,1- 17,0 arasında). M4 örneğinin diğer örneklerden farklı davranmasının sebebinin Melendiz Tüflerinde yer yer görülen silisleşmenin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

### 3.5 İncelenen Örneklerin Petrografik Özellikleri

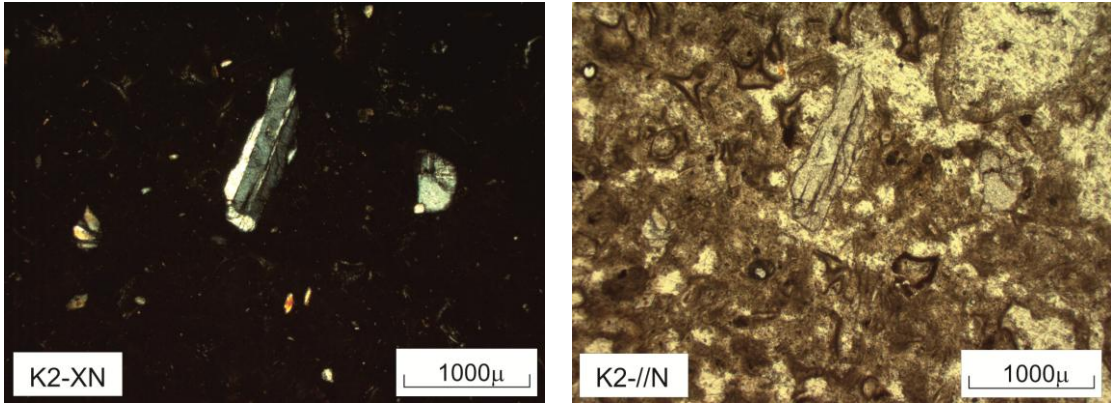
Çalışma kapsamında Kapadokya yöresine ait 21 örneğin ayrı ayrı petrografik tanımlamaları yapıldıktan sonra örneklerin değerlendirilmesinde benzer özellikli olanlar birlikte değerlendirilmiştir (Kızılkaya İğnimbiriti, Gördeles İğnimbiriti, Kavak İğnimbiriti, Melendiz Tüfü). Yapılan petrografik incelemelerde başlıca aynı birime ait farklı lokasyondaki örnekler arasındaki; fenokristal-matriks oranları, düzensiz boşluk oranları, mineral boyutları, doku, kayaç parçası oranları ile opak mineral oranları gibi özelliklerin değişimi incelenmiştir.

Kızılkaya ve Gördeles İğnimbiritlerinin mikroskop altındaki genel görüntüsü plajioloklas, biyotit mineralleri, cam parçaları ve kayaç parçalarının volkanik külden oluşan bir matriks içerisinde yer alması şeklindedir. Ayrıca örnekler içerisinde kuvars, amfibol, piroksen minerallerine de rastlanmıştır. İncelemelerde örneklerin vitroklastik dokuda oldukları belirlenmiştir. Kızılkaya İğnimbiritinden alınan örnekler farklı derece kaynaşma özellikleri göstermektedir. Kayaçta ayrışma etkileri değişken olup düşük dereceden yüksek dereceye kadar değişim sunmaktadır. Ayrışma etkileri özellikle kayacın tamamında değil, mineral ve litik tanelerin sınırlarında görülmektedir. Özellikle K6 örneğinde ayrışma etkileri belirgindir. Opak mineral oranı ise düşüktür. Örneklerde

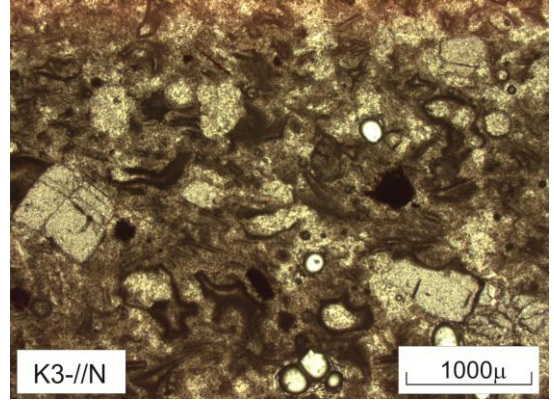
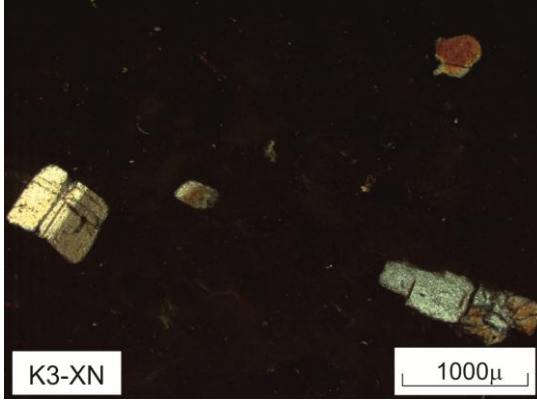
yer yer volkanik kayaç parçaları da görülmektedir. K10 ve K11 örneklerinde cam parçalarının oranı diğer örneklere oranla fazladır. Yapılan incelemeler sonucunda, K1, K4, K5, K7 örneklerinin iyi kaynaşmış, K10, K11 örneklerinin orta derecede kaynaşmış, K2, K3, K6, K8, K9 ve Gördeles İgnimbiritine ait G1 örneklerinin kaynaşmamış ignimbirit özelliklerinde olduğu görülmüştür (Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13).



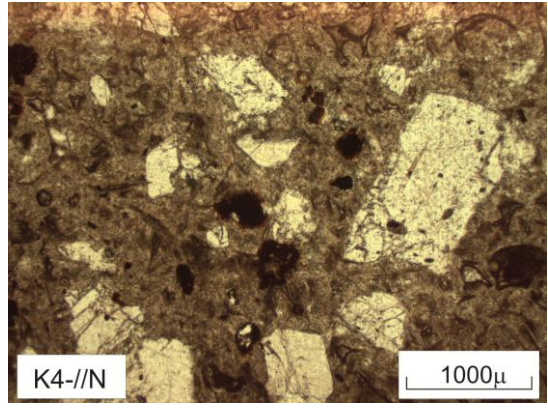
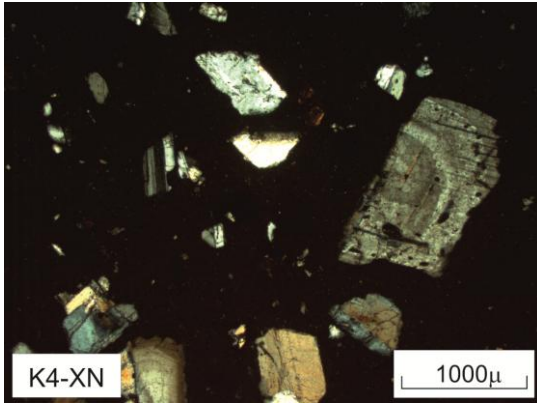
Şekil 3.2. K1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



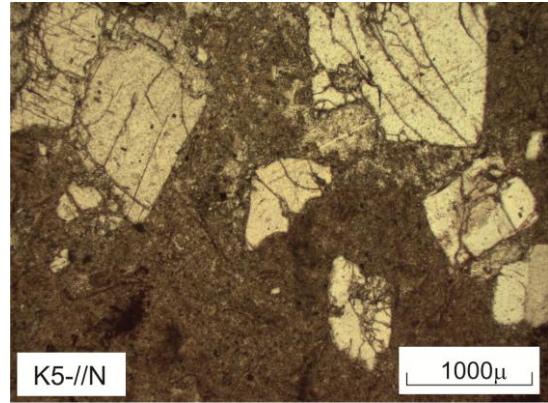
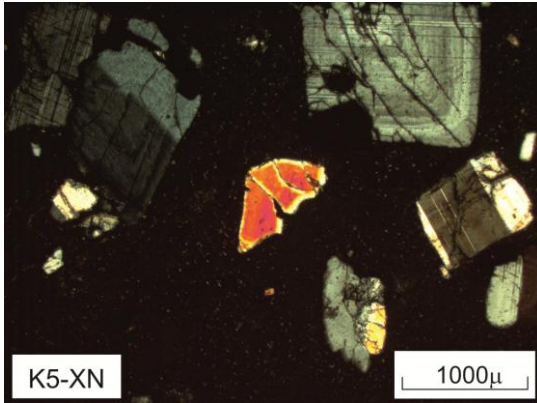
Şekil 3.3. K2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



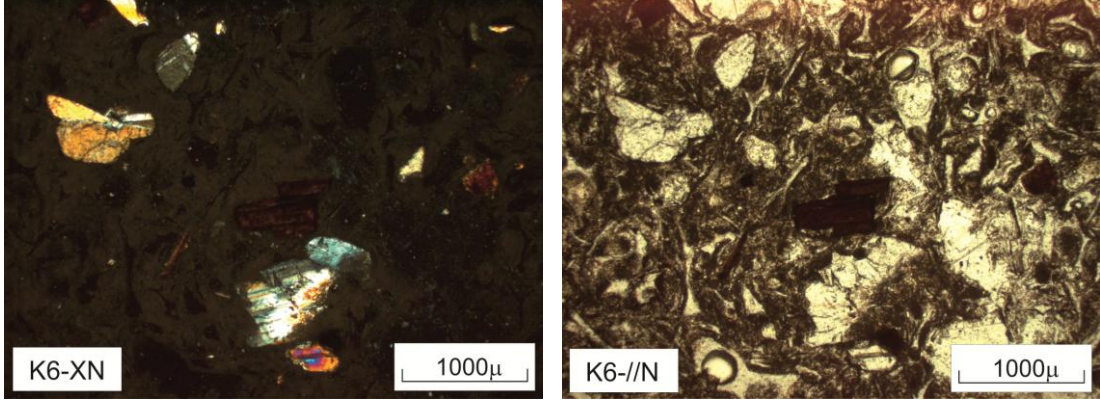
Şekil 3.4. K3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



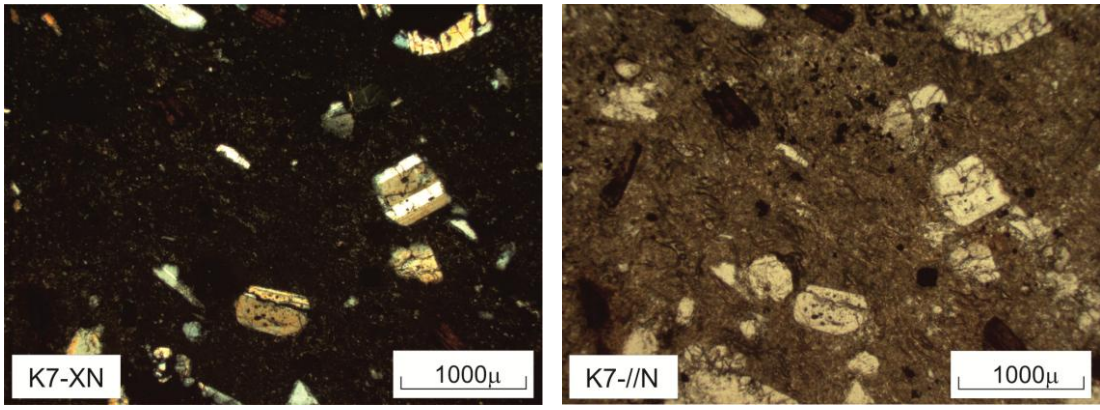
Şekil 3.5. K4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



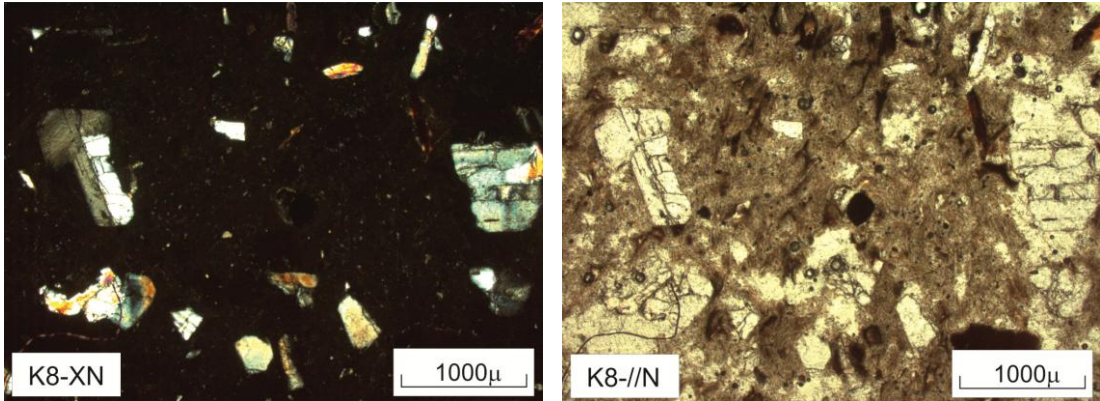
Şekil 3.6. K5 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



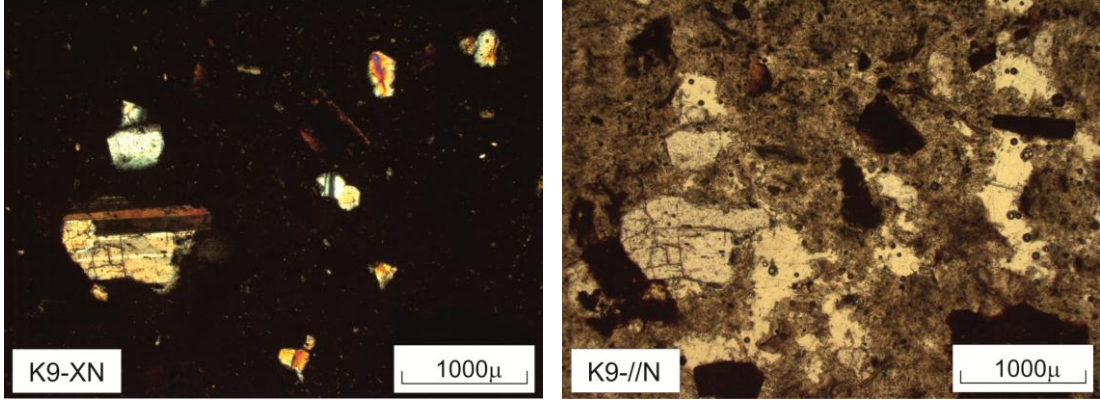
Şekil 3.7. K6 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



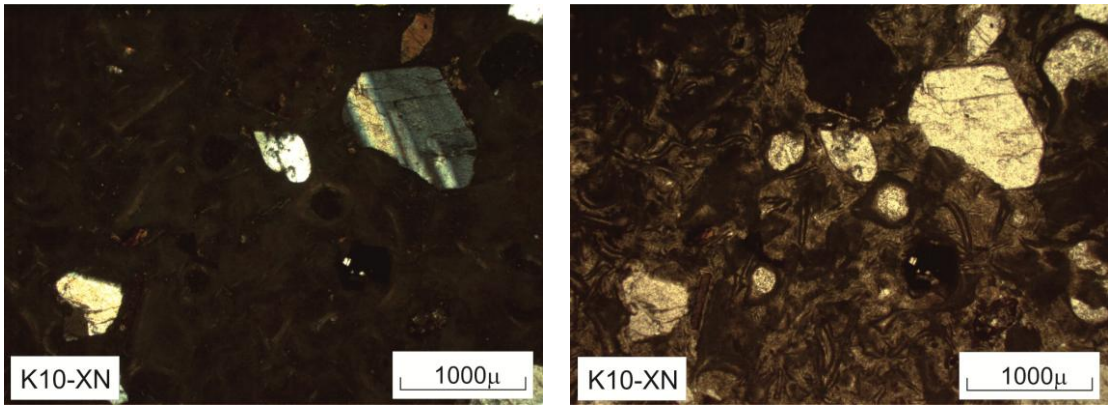
Şekil 3.8. K7 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



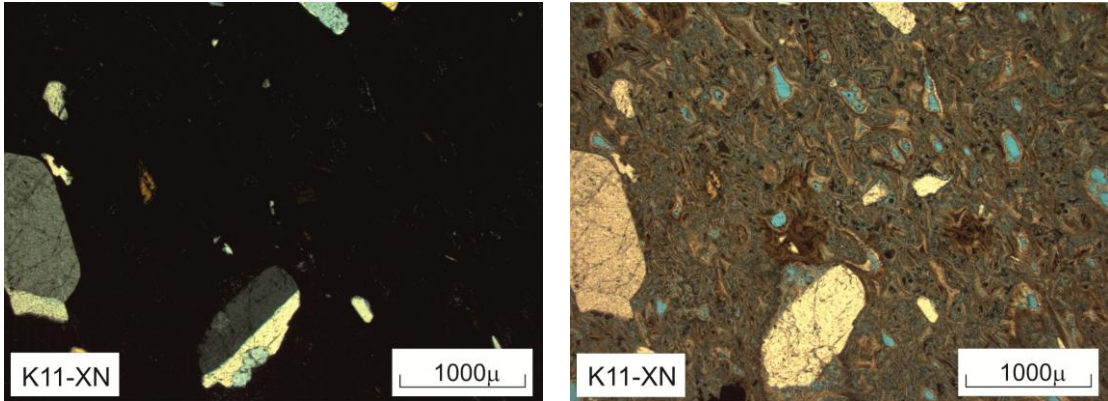
Şekil 3.9. K8 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



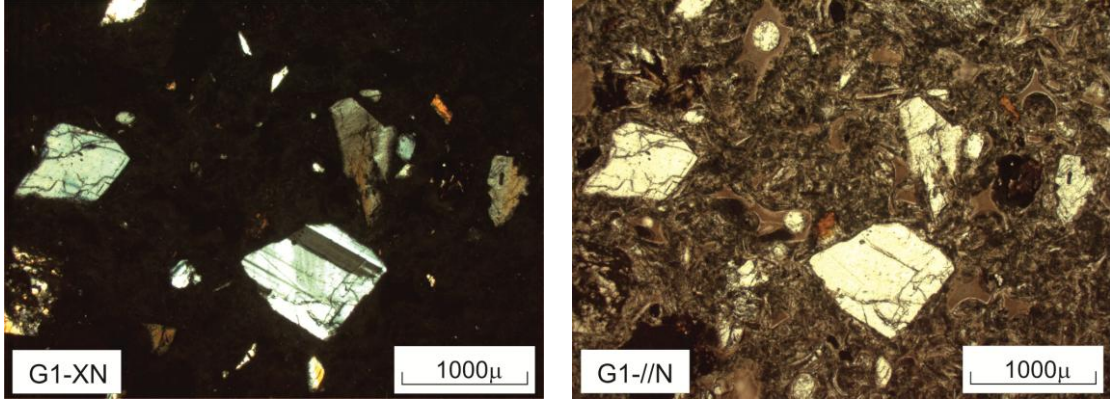
Şekil 3.10. K9 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



Şekil 3.11. K10 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

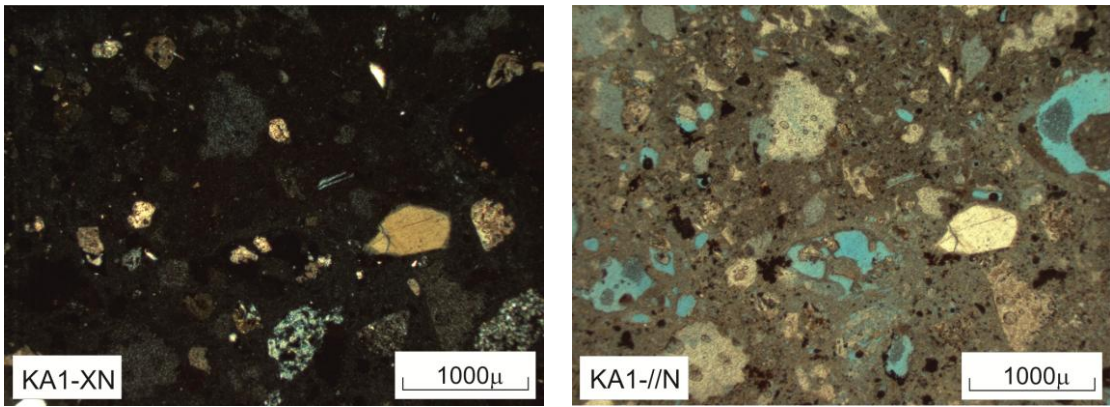


Şekil 3.12. K11 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

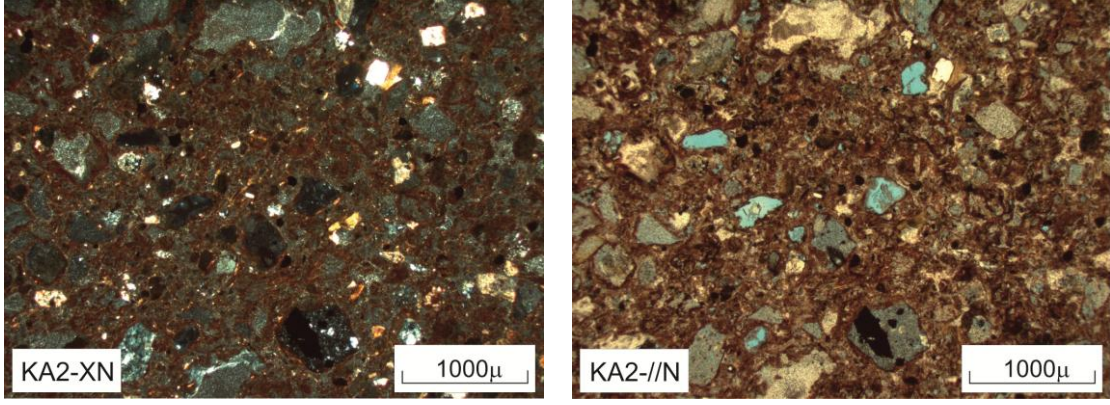


Şekil 3.13. G1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

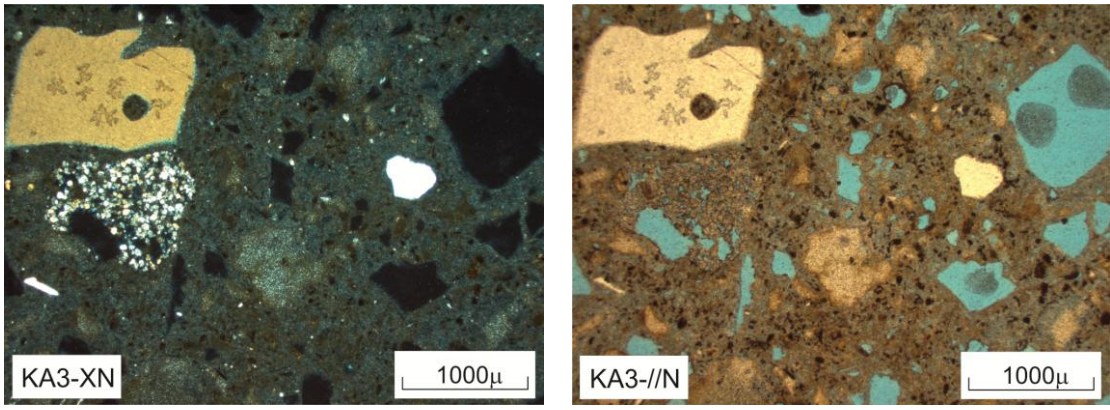
Kavak İgnimbiritlerine ait değişik renk ve dokudaki örnekler üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda örneklerin tamamının kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde olduğu belirlenmiştir. İncelemelerde kayaçların bünyesinde plajyoklas, biyotit, kuvars mineralleri, opak mineraller ve kayaç parçalarının varlığı belirlenmiştir. Ayrışmanın kayaçlarda oldukça etkin olduğu görülmüştür. Alterasyon sonucu olarak bazı örneklerde demir oksit boyanmaları görülmüştür. Özellikle KA1, KA2, KA5 örneklerinde kil ve demir alterasyonu etkileri belirgin olarak gözlenmiştir. Örneklerin genelinde cam matriks rekristalize olmuştur. Özellikle KA3 ve KA4 örneklerinde matriksin genel olarak silisleştiği görülmüştür. Kayaçların bünyesindeki bazı kuvars kristalleri kayacın orijinalinde olmasına karşın bazı kristaller hidrotermal alterasyon nedeniyle diğer minerallerin yerini alarak oluşmuştur. Bu alterasyon özelliklerinin bu örneklerin dayanım özelliklerinde etkin rol oynadığı düşünülmektedir. Örnekler genel anlamda hipokristalin porfirik dokuludur (Şekil 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18)



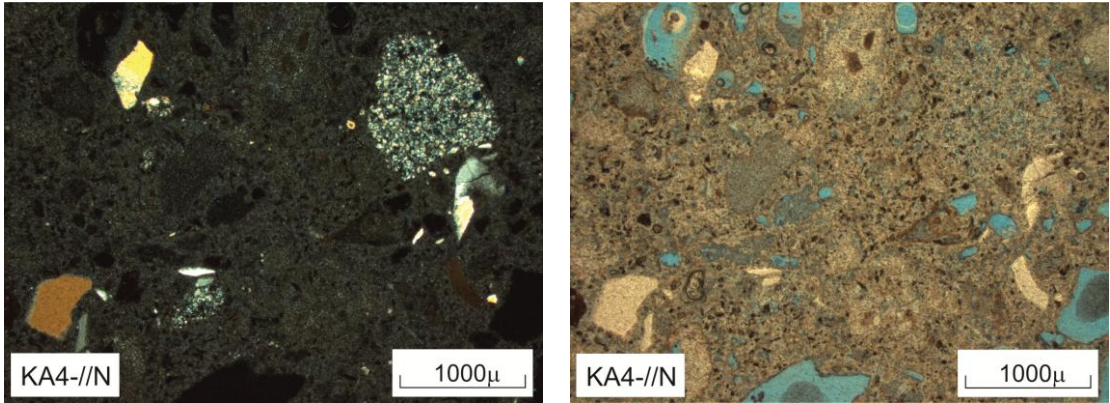
Şekil 3.14. KA1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



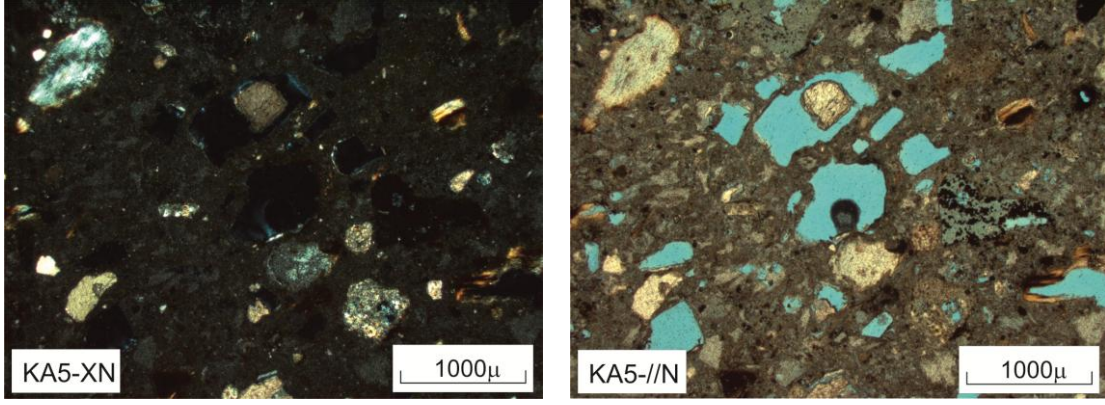
Şekil 3.15. KA2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



Şekil 3.16. KA3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

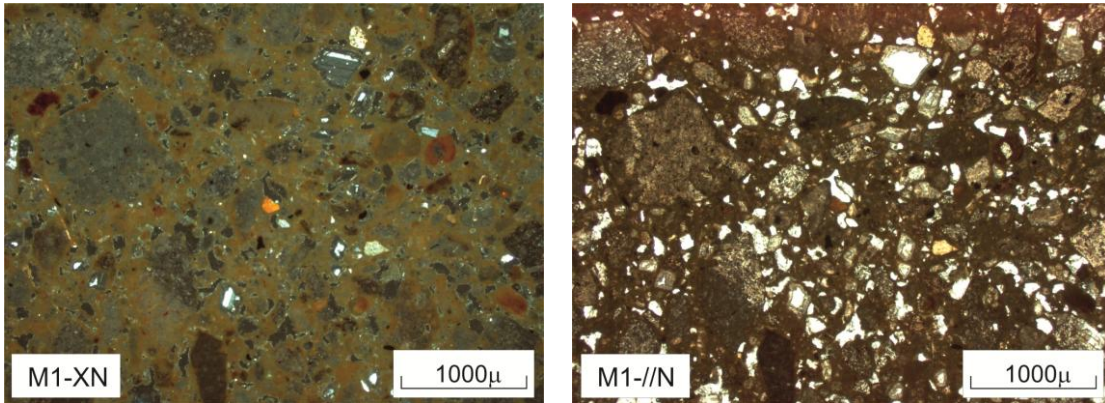


Şekil 3.1. KA4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

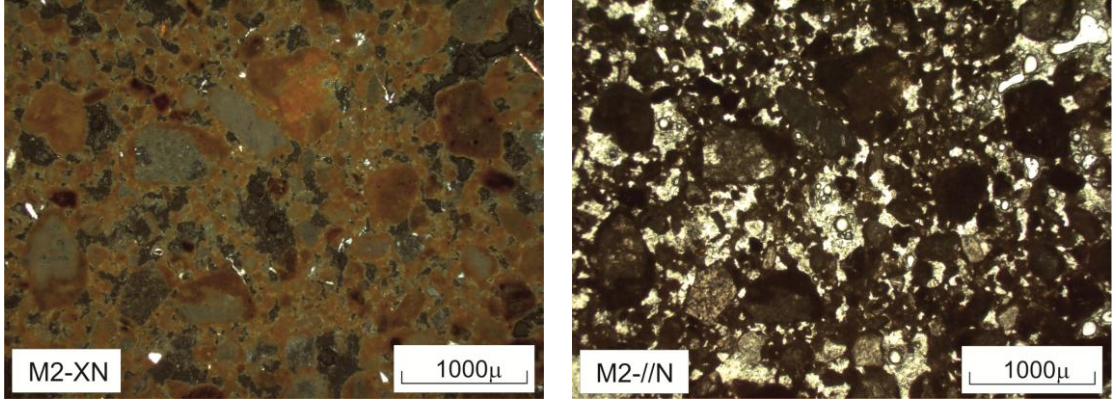


Şekil 3.18. KA5 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

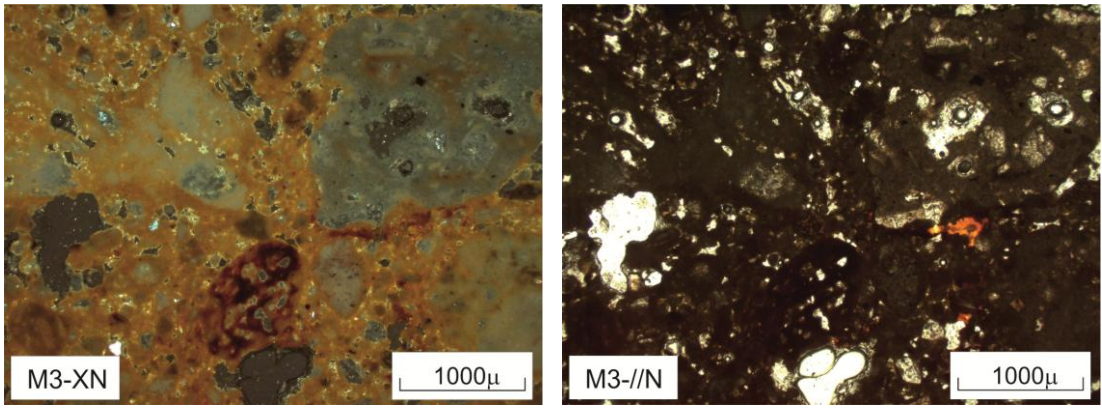
Melendiz Tüflerine ait örneklerin petrografik incelemelerinde kayaç genel olarak plajiyoklas, biyotit, opak mineraller ve kayaç parçalarından oluştuğu görülmüştür. Bünyelerindeki volkanik kaya parçaları diğer örneklere oranla oldukça fazladır. Bu kayaç parçalarının değişik renk, boyut ve şekillerde olduğu gözlenmiştir. Kayaçlarda değişik oranlarda düzensiz boşluklar görülmüştür. Bu düzensiz boşlukların bu kayaçlarda fiziksel ve mekanik özelliklerin değişimini etkileyen en önemli faktör olduğu düşünülmektedir. Genel olarak bu birimden alınan örneklerin tane oranı ile matriks oranı arasındaki fark diğer örneklere göre daha azdır. Örnekler hipokristalin porfirik doku sunmaktadır (Şekil 3.19, 3.20, 3.21, 3.22).



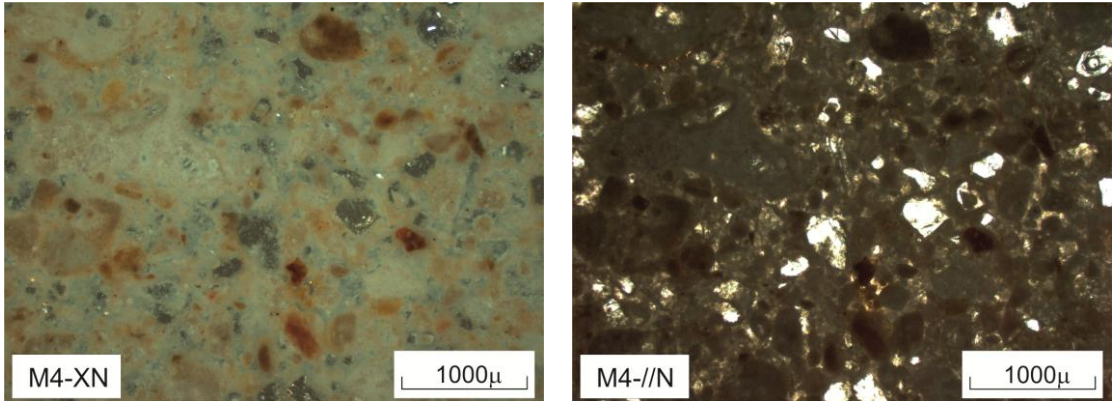
Şekil 3.19. M1 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



Şekil 3.20. M2 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



Şekil 3.21. M3 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)



Şekil 3.22. M4 nolu örneğin mikroskop görüntüsü (büyütme 2,5X)

### 3.5.1 Modal analiz

Bölgeden derlenen farklı renk ve dokudaki piroklastiklerin petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitler üzerinde polarizan mikroskopta nokta sayacı kullanılarak yapılan petrografik incelemelerde; örneklerin mineralojik bileşim, doku, boşluk ve kristal oranları, fenokristal-matriks oranları ve ikincil mineral içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 3.5, 3.6, 3.7).

Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerine ait örneklerin matriks kısmını daha çok volkanik kül ve cam parçaları oluşturmuştur. Diğer örneklerden farklı olarak K10 ve K11 örneklerinde matrikste cam parçalarının oranı oldukça yüksektir. Fenokristal olarak daha çok plajiyoklas kristalleri (% 3-17,33) ve biyotit kristalleri (% 1-4) gözlenmektedir. Matriks içerisinde % 1,66- 8,66 değerleri arasında kayaç parçaları bulunmaktadır. Opak mineral oranı oldukça düşüktür. Kayaçlar içerisindeki düzensiz boşlukların oranı ise % 1,66-19,66 değerleri arasında değişim sunmaktadır. Matriks oranı tane oranından yüksek olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.5.** Kızılkaya ve Gördeles ignimbiritlerine ait örneklerin modal analiz sonuçları

Özellik	Fenokristal (%)			Litik taneler (%)	Matriks (%)			Boşluk (%)
	Kuars	Plajiyoklas	Biyotit		Volkanik kül	Cam parçaları	Opak Min.	
<b>K1</b>	6,33	15,66	4,00	5,00	66,00	1,00	0	2,00
<b>K2</b>	2,33	3,33	2,00	1,66	53,00	22,00	0	15,66
<b>K3</b>	2,33	3,00	2,00	3,00	50,66	22,66	0	16,33
<b>K4</b>	0,33	16,00	1,66	6,33	51,66	21,66	0	1,66
<b>K5</b>	7,66	11,66	2,00	8,66	61,00	5,66	0,33	3,00
<b>K6</b>	4,00	7,66	1,33	2,33	52,00	13,00	0	19,66
<b>K7</b>	1,66	17,33	1,00	2,33	72,33	1,66	0	3,66
<b>K8</b>	1,66	7,33	1,66	3,66	66,33	8,66	0,66	10,00
<b>K9</b>	0,66	8,33	3,00	2,66	68,33	6,00	0,66	10,33
<b>K10</b>	2,00	7,33	2,33	2,00	0,00	81,33	0	5,00
<b>K11</b>	1,35	4,07	1,80	1,80	0,00	85,06	0,9	4,97
<b>G1</b>	0	7,99	1,33	3,00	66,66	15,33	0	5,66

Kavak İgnimbiritler ait örneklerin matriksini rekristalize olmuş camsı malzeme oluşturmuştur. Örneklerde fenokristal olarak yüksek oranda plajiyoklas mineralleri (% 16,32-24,66) ve kuvars mineralleri (% 0,66-5,33) gözlenmiştir. Biyotit mineralleri KA1

ve KA3 örneklerinde çok az oranlarda olup, diğer örneklerde % 0,66-2,33 arasında değişim göstermektedir. Örneklerde kayaç parçalarının oranı % 2,33-8,33 değerleri arasındadır. Matriks oranı tane oranından yüksek olup, düzensiz boşluklar ise % 2,66-7,33 değerleri arasında değişim sunmaktadır.

**Çizelge 3.6.** Kavak İğnimbiritine ait örneklerin modal analiz sonuçları

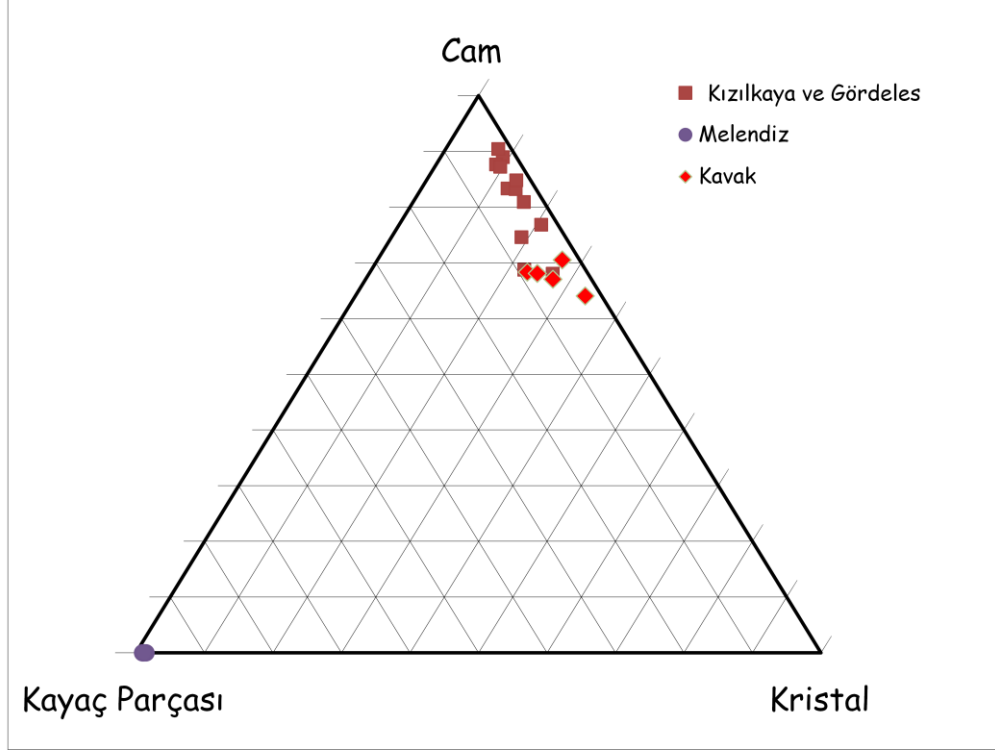
Özellik	Fenokristal (%)			Litik taneler (%)	Matriks (%)	Boşluk (%)
	Kuvars	Plajoklas	Biyotit			
KA1	4,66	24,66	0,00	2,33	62,33	2,66
KA2	0,66	16,32	2,33	8,33	65,33	4,00
KA3	4,66	20,00	0,00	2,33	65,33	7,33
KA4	5,33	17,00	0,66	7,00	64,66	5,00
KA5	4,00	20,32	1,00	5,33	63,66	5,00

Camsı bir matriksin oluşturduğu Melendiz Tüflerinde fenokristal oranının çok az olduğu gözlenmiştir (% 0,33-0,37). Buna karşın kayaçlarda yüksek oranda litik tane bulunduğu görülmüştür (% 22,3-37,91). Düzensiz boşlukların oranı da oldukça yüksek değerler (% 9-24,66) sunmaktadır. Matriks oranı tane oranından fazladır.

**Çizelge 3.7.** Melendiz Volkanitlerine ait tüflerin modal analiz sonuçları

Örnek	Fenokristal (%)	Litik taneler (%)	Matriks (%)	Boşluk (%)
M1	0,33	32,00	58,00	9,66
M2	0,33	22,33	52,66	24,66
M3	0,37	37,91	49,07	12,63
M4	0,33	27,66	63,00	9,00

Kayaç oluşturan petrografik bileşenlere göre Kızılkaya, Kavak ve Gördeles İğnimbiritlerine ait örnekler, Schmid (1981) tarafından piroklastik kayaçlar için önerilen üçgen sınıflama diyagramında vitrik tuf alanına, Melendiz Tüflerine ait örnekler ise litik tuf alanına düşmüştür (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Piroklastik kayaçların bileşen türüne göre isimlendirilmesi (Schmid 1981).

### 3.5.2 Tane-matriks oranı (GMR)

Modal analizlerden elde edilen veriler ile “Tane Matriks Oranı” tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya benzer bir çalışma daha önce Korkanç (2004) tarafından bazaltlar üzerinde denenmiştir. Bu tanımlamada, örneklerin fenokristal, litik parçalar ve matriksi oluşturan elemanların yüzdeleri kullanılmıştır. Kayaçlarda bulunabilen boşlukların kayacın jeomekanik özelliklerinin değişmesinde değişik davranışlar göstermesinden dolayı, nokta sayacıdan elde edilen düzensiz boşluklar formülde kullanılmamıştır. İstatistiksel analizlerde kullanılan örneklere ilişkin olarak petrografik incelemelerden elde edilen modal analiz sonuçlarının kullanılması ile tanımlanan tane matriks oranı (GMR), aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (Çizelge 3.10, 3.11, 3.12).

$$\text{GMR (\%)} = \frac{\text{F} + \text{L}}{\text{M}} \quad (3.1)$$

Bu formülde; GMR: Tane matriks oranı, F: Fenokristal, M: Matriks, L: Litik taneler olarak tanımlanmıştır.

**Çizelge 3.8.** Kızılkaya ve Gördeles İğnimbiritlerine ait tane matriks oranı (GMR) verileri

Örnek No	Fenokristal Oranı (%)	Matriks Oranı (%)	Tane Matriks Oranı (GMR)
K1	30,99	67,00	0,47
K2	9,32	75,00	0,12
K3	10,33	73,32	0,14
K4	24,32	73,32	0,34
K5	29,98	66,99	0,45
K6	15,32	65,00	0,24
K7	22,32	73,99	0,30
K8	14,31	75,65	0,19
K9	14,32	74,99	0,20
K10	13,66	81,33	0,17
K11	9,02	85,96	0,10
G1	11,99	81,99	0,15

**Çizelge 3.9.** Kavak İğnimbiritlerine ait tane matriks oranı (GMR) verileri

Örnek No	Fenokristal Oranı (%)	Matriks Oranı (%)	Tane Matriks Oranı (GMR)
KA1	31,65	65,66	0,48
KA2	27,64	67,99	0,41
KA3	26,99	65,66	0,41
KA4	29,99	64,99	0,46
KA5	30,65	64,32	0,48

**Çizelge 3.10.** Melendiz Tüflerine ait tane matriks oranı (GMR) verileri

Örnek No	Fenokristal Oranı (%)	Matriks Oranı (%)	Tane Matriks Oranı (GMR)
M1	32,33	58,00	0,56
M2	22,66	52,66	0,43
M3	38,28	49,07	0,78
M4	27,99	63,00	0,44

Tane-matriks oranı Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerinde 0,10 ile 0,47 arasında, Kavak İgnimbiritlerinde birbirine yakın sunmakla birlikte 0,41 ile 0,48 arasında, Melendiz Tüflerinde ise 0,40 ile 0,78 arasında değişim sunmaktadır.

### **3.6 İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri**

İncelenen kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi aşamasında, taze örneklerle ait; kuru ve doymun birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite, P-dalga hızı, tek eksenli basınç direnci Schmidt sertliği, nokta yükü dayanım indeksi, çivi penetrasyon indeksi, kılcal su emme deneyi ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyleri yapılmıştır.

ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak yapılan deneyler için araziden blok örnekler derlenmiş, daha sonra bunlardan laboratuvarda karot ve parça örnekler hazırlanmıştır. İncelenen piroklastiklerin jeomekanik özelliklerine yönelik değerlendirmeler, başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

#### **3.6.1 Kuru birim ağırlık**

Orta Anadolu yöresinden derlenen ignimbirit ve tüflerin kuru birim ağırlık deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.11’de sunulmuştur.

Kuru birim ağırlık değeri kayaların bileşim ve dokusu ile yakından ilgilidir. Kapadokya yöresindeki farklı özelliklerdeki piroklastiklerin birim ağırlıklarındaki değişim, kayanın kimyasal bileşimine, boşluk yapısına, boşluk miktarına ve pomza içeriğine bağlıdır. Pratikte birim hacim ağırlıkları yüksek olan kayalar genellikle düşük poroziteli, düşük su emmeli ve yüksek özgül ağırlık değerlerine sahiptir (Erguvanlı, 1975).

Genel olarak yapı taşı olarak kullanılacak kayaçların kuru birim ağırlıklarının yüksek olması istenmektedir. Yapı taşı olarak yaygın kullanıma sahip piroklastiklerin bileşimleri itibariyle birim ağırlıkları düşüktür.

Çizelge 3.11’de görüldüğü gibi, araştırılan örneklerden elde edilen ortalama, en yüksek kuru birim ağırlık değeri 19,19 kN/m<sup>3</sup> olup, Kızılkaya İgnimbiritine ait kaynaşmış K1 örneğine aittir. En düşük değer ise 13,28 kN/m<sup>3</sup> olup, Melendiz Tüflerine ait çok boşluklu ve kaya kırıntısı oranı az olsn M4 örneğine aittir.

**Çizelge 3.11.** İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri

<b>Kuru Birim Ağırlık, <math>\gamma_d</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Deney Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	19,06	19,30	0,12	<b>19,19</b>
K2	5	13,15	14,32	0,47	13,84
K3	5	12,78	13,95	0,48	13,12
K4	5	16,28	16,36	0,03	16,32
K5	5	16,51	17,30	0,34	16,83
K6	5	13,44	14,01	0,28	13,68
K7	5	16,13	16,39	0,10	16,29
K8	5	14,49	14,66	0,08	14,59
K9	5	14,16	14,66	0,21	14,39
K10	5	18,55	19,13	0,24	18,85
K11	5	16,47	16,77	0,12	16,58
G1	5	15,38	15,82	0,19	15,66
KA1	5	15,43	16,14	0,27	15,89
KA2	5	17,74	17,90	0,07	17,83
KA3	5	16,86	17,79	0,34	17,25
KA4	5	18,19	18,94	0,29	18,94
KA5	5	15,68	15,79	0,05	15,72
M1	5	16,99	18,26	0,56	17,60
M2	5	13,60	13,84	0,11	13,70
M3	5	16,15	16,62	0,20	16,37
M4	5	12,75	14,02	0,61	<b>13,28</b>

NBG (1985)’e göre yapılan değerlendirmeler sonucunda, bölgeden elde edilen farklı renk, bileşim ve dokudaki ignimbirit ve tüfler, birim ağırlık değerlerine göre, “çok düşük birim ağırlıklı kaya” sınıfında yer almaktadır.

### 3.6.2 Doygun birim ağırlık

Yapı malzemesi araştırmalarında kayacın doygun birim ağırlığının bilinmesi son derece önemlidir. Suyu doygun konumda bulunan kayaların, birim ağırlığında gözlenen değişim kayada bulunan etkili gözenekleri sayesinde. Birim ağırlık değerini önemli ölçüde denetleyen unsurlar bulunmaktadır. Bunların en önemlisini, kayacın kimyasal bileşimi ve boşluk yapısı oluşturmaktadır. Özellikle kayadaki boşlukların birbiri ile ilişkili olması ve gözeneklerde bulunan suyun, doygun ağırlığı değiştirdiği bilinmektedir (McNally, 1998).

Doygun birim ağırlık deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 3.12’de sunulmuştur.

İgnimbirit ve tüflerden elde edilen doygun birim ağırlık değerleri, ortalama 15,53 ile 21,14 kN/m<sup>3</sup> arasında olup, K1 nolu örnekten en yüksek değer, M4 nolu örnekten ise en düşük değer elde edilmiştir. Örneklerden elde edilen sonuçlara göre, kuru birim ağırlık değeri yüksek olan örneklerin doygun birim ağırlık değerleri de yüksek değerdedir.

**Çizelge 3.12.** İncelenen örneklere ait doymun birim ağırlık değerleri

<b>Doymun Birim Ağırlık, <math>\gamma_s</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Deney Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	21,02	21,35	0,12	<b>21,14</b>
K2	5	16,35	16,48	0,05	16,40
K3	5	16,17	16,62	0,17	16,41
K4	5	19,07	19,14	0,03	19,09
K5	5	19,08	19,56	0,21	19,27
K6	5	16,11	16,72	0,22	16,46
K7	5	18,76	19,01	0,10	18,92
K8	5	17,78	17,95	0,07	17,87
K9	5	17,49	17,62	0,06	17,57
K10	5	20,20	20,43	0,09	20,35
K11	5	18,89	19,22	0,12	19,03
G1	5	17,91	18,35	0,17	18,18
KA1	5	18,17	18,84	0,27	18,63
KA2	5	19,81	19,93	0,05	19,89
KA3	5	18,94	19,54	0,22	19,17
KA4	5	19,73	20,27	0,22	20,10
KA5	5	18,56	18,70	0,07	18,62
M1	5	18,50	19,40	0,43	18,95
M2	5	16,64	16,83	0,09	16,74
M3	5	18,04	18,35	0,15	18,18
M4	5	15,34	15,77	0,16	<b>15,53</b>

Doymun birim ağırlık değeri, kayanın birim ağırlık değerlerinden biri olup, kayanın bünyesinde bulunan suyun etkisiyle kuru birim ağırlık değerinden fazladır. Dolayısıyla sınıflama açısından düşünüldüğünde, farklı özelliklerdeki incelenen örneklerin birim ağırlık değerleri açısından NBS (1985)'e göre "çok düşük birim ağırlıklı kaya" sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

### 3.6.3 Su emme

Bilindiği gibi su emme, kayanın bağlantılı boşlukları sayesinde daha etkin bir rol oynamaktadır. Kayanın su emme değeri, don sonucu etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca yapı taşı olarak kullanılan tüflerin nemlenme ile bozulmasını sağlamakta ve kayanın dayanımını düşürmesi nedeniyle, yapı malzemesi olarak kullanılması düşünölen taşların su emme oranlarının belirli değerlerde olması gerekmektedir.

Kayalar üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda su emme değeri, ağırlıkça ve hacimce olmak üzere iki şekilde belirlenmektedir. Bu çalışmada efektif porozite suya doyurma yöntemi ile belirlendiği için hacimce su emme değerine eşit olup, ayrıca hacimce su emme değerlerine tekrar değinilmemiştir. Bilindiği gibi, su emen kayaçların hacimlerinin az veya çok artmaktadır. Ayrıca su emme değeri, kaya içerisinde bulunan boşlukların durumunun bilinmesinde ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerini belirlenmesinde oldukça önemlidir. Kayalarda su emme değerinin değişiminin belirlenmesi sonucu dona ve termik genişmeye karşı dolaylı bilgi edinilmesini sağlamaktadır (Postacıoğlu, 1987; McNally, 1998).

Örneklenen farklı piroklastiklerin ağırlıkça su emme deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.13'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.13.** İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri

<b>Ağırlıkça Su Emme, <math>w_a</math> (%)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Deney Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	9,81	10,42	0,27	10,18
K2	5	14,03	24,43	4,14	18,63
K3	5	19,13	27,66	3,47	<b>25,18</b>
K4	5	16,83	17,24	0,14	17,03
K5	5	13,04	15,59	1,09	14,54
K6	5	18,40	22,10	1,59	20,37
K7	5	15,81	16,34	0,21	16,14
K8	5	22,34	22,71	0,16	22,49
K9	5	20,77	24,03	1,76	22,08
K10	5	6,78	9,57	1,06	7,95
K11	5	14,54	14,99	0,21	14,76
G1	5	15,39	16,76	0,53	16,10
KA1	5	16,78	17,79	0,39	17,21
KA2	5	11,21	11,77	0,26	11,56
KA3	5	9,74	12,34	0,94	11,16
KA4	5	7,02	8,48	0,61	7,84
KA5	5	18,16	19,10	0,35	18,50
M1	5	6,14	8,97	1,37	<b>7,67</b>
M2	5	21,57	23,74	0,82	22,55
M3	5	10,38	11,68	0,48	11,03
M4	5	13,10	22,01	4,81	17,12

Çizelge 3.13’de görüldüğü gibi, incelenen piroklastiklerin ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri K3 örneğinden elde edilmiştir. En düşük ağırlıkça su emme değeri ise M1 örneklerinden elde edilmiştir. Bölgedeki ignimbirit ve tuf örneklerinin ağırlıkça su emme değerleri çok değişken olmakla birlikte, kayacın petrografik ve dokusal niteliklerinin yanı sıra boşluk oranının bu değişimde etkin olduğu düşünülmektedir.

İncelenen örnekler genelde boşluklu yapıda olduğundan ağırlıkça su emme değerleri yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek su emme değerleri genellikle yapı taşlarında istenmeyen özelliktir.

### 3.6.4 Efektif porozite

Yapı malzemesi olarak değerlendirilecek kayaların porozitelerinin bilinmesi son derece önemli bir özelliktir. Kayaların, porozite değerlerindeki değişim kayanın fiziksel özellikleri yanında mekanik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir (Goodman, 1989).

Kapadokya yöresine ait ignimbirit ve tüflerin, efektif porozite değerlerini belirlemek amacıyla, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Her bir deney beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tüflerden elde edilen efektif porozite değerleri Çizelge 3.14'da sunulmuştur.

Bölgede geniş yayılımları olan piroklastikler farklı renk ve dokusal özellikleri ile boşluklu bir yapı sunmaktadır. Örneklerin porozite değerlerinin yüksek olması kayanın kendine has özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bölgedeki piroklastiklerin oluşumu ve bileşimi nedeniyle porozite değerinin yüksek olması kaçınılmaz olarak düşünülmektedir. Bölgede bulunan piroklastiklerin yapı taşı olarak kullanılması sırasında yüzey ve yeraltı suları ile temas etmemesi gerekmektedir. Nemlenme ve kapillarite ile suyla temas eden yüzeylerde taşlarda ciddi anlamda bozunmalar nedeniyle, patlama, dökülme gibi etkilerle kayaçta dayanım kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bölgenin kışlarının sert geçmesi ve yıllardır eski cami ve benzer yapılarda kullanıla gelmiş olan bu kayaçlarda şimdiye kadar suyla temas etmeyen ve donma çözünme etkisinde kalmayan kesimlerde kullanılan taşlarda fazlaca bir tahribat yaşanmamaktadır.

Tüflerin oluşumları esnasında ve ikincil olarak oluşan boşluklar, kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişmesinde önemli rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalarda; porozitenin artması sonucu, kayanın mukavemeti azalmakta ve kaya içinde farklı gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır (Tarhan, 1996).

**Çizelge 3.14.** İncelenen örneklere ait efektif porozite değerleri

<b>Efektif Porozite, <math>n_e</math> (%)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Deney Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	19,22	20,49	0,50	19,90
K2	5	20,51	32,75	4,89	26,13
K3	5	27,20	36,04	3,66	<b>33,55</b>
K4	5	28,01	28,60	0,14	28,32
K5	5	23,01	26,26	1,38	24,92
K6	5	26,28	30,45	1,83	28,38
K7	5	26,42	27,14	0,26	26,80
K8	5	33,35	33,54	0,08	33,45
K9	5	30,15	34,77	2,12	32,36
KA1	5	27,55	28,30	0,31	27,87
KA2	5	20,43	21,39	0,41	21,00
KA3	5	17,66	21,22	1,28	19,60
KA4	5	13,55	15,84	0,96	14,89
KA5	5	29,12	30,56	0,55	29,64
G1	5	24,82	26,59	0,65	25,70
K10	5	13,23	18,09	1,84	15,26
K11	5	24,60	25,24	0,30	25,95
M1	5	11,19	15,55	2,14	<b>13,71</b>
M2	5	30,45	33,78	1,32	31,61
M3	5	17,58	19,23	0,59	18,40
M4	5	15,66	28,34	5,56	22,94

Çizelge 3.13’de görüldüğü gibi, incelenen piroklastiklerin ortalama en yüksek efektif porozite değeri K3 örneğinden elde edilmiştir. En düşük ağırlıkça su emme değeri ise M1 örneğinden elde edilmiştir.

İgnimbirit ve tüfler toplam porozite değeri açısından Moos-Quervain (1948) ve NBG (1985)’e göre sınıflandığında, “çok boşluklu - çok fazla boşluklu kaya” sınıfında yer almaktadır.

### 3.6.5 P-Dalga hızı

P-dalga hızı, kayanın dayanım özelliklerine yaklaşım sağlaması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, kayanın boşluk, ayrışma vb. etkilerinin belirlenmesi amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Deney, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemin esas alınarak, 5 adet karot numunesi üzerinde, sadece P-dalga hızı ölçülmüştür. Deneylerden elde edilen P-dalga hızları Çizelge 3.15’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.15.** İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri

<b>P-Dalga Hızı Değeri, <math>V_p</math> (m/sn)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Deney Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	1978,41	2067,13	32,74	2022,39
K2	5	1153,91	1276,86	54,80	1209,98
K3	5	904,13	1137,42	95,12	<b>1042,49</b>
K4	5	1882,96	2165,93	139,36	2001,65
K5	5	2058,49	2271,74	85,57	2172,83
K6	5	1110,26	1471,54	131,36	1301,15
K7	5	2096,49	2587,91	276,83	2415,82
K8	5	1608,06	1664,34	1,48	1619,59
K9	5	1089,76	1408,87	118,76	1261,57
K10	5	2485,47	2562,61	29,40	2514,17
K11	5	2623,66	2772,47	61,28	2707,84
G1	5	1430,83	1535,86	48,87	1483,72
KA1	5	2218,13	2323,62	42,50	2286,10
KA2	5	2479,55	2631,07	63,58	2540,06
KA3	5	2635,38	2885,38	91,14	2744,70
KA4	5	3186,55	3334,86	51,48	3287,80
KA5	5	2223,24	2252,37	14,51	2238,49
M1	5	3275,63	3455,85	71,78	<b>3347,31</b>
M2	5	1777,78	2420,00	304,60	2108,32
M3	5	1812,81	2310,90	210,50	2100,79
M4	5	2347,76	2763,46	183,48	2538,89

İncelenen tüf ve ignimbirit örneklerinin P-dalgası hız değerleri oldukça değişkendir. İncelenen örneklerde elde edilen ortalama en düşük değer, Kızılkaya İgnimbirtine ait kaynaşmamış K3 örneklerinden (1042,49 m/sn), ortalama en yüksek değer ise Melediz Tüflerine ait sert yapılı, boşluk oranı az olan M1 örneklerinden elde edilmiştir (3347,3 m/sn). Örneklerin nispeten düşük P-dalga hızı değerleri sunmasında kayanın dokusunun ve porozitenin yüksek olmasının önemi büyüktür.

Yapılan P-dalga hızı deneylerinin değerlendirilmesi sonucunda incelenen farklı özelliklerdeki örneklerin yüksek standart yapma değeri sunmalarında, kaya içerisindeki boşlukların değişken, homojenliğinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İncelenen örnekler, NBG (1985)'e göre “çok düşük - düşük sismik hıza sahip kaya” grubunda yer almaktadır.

### **3.6.6 Nokta yük dayanım indeksi**

Tek eksenli basınç direnci, kayaçlardan alınan silindir ya da küp şekilli örnekler üzerinde, laboratuvarında oldukça pahalı deney aletlerinden yararlanılarak saptanmaktadır. Ayrıca kayaçlardan alınan örneklerin deney standartlarına uygun hale getirilmesi uzun zaman gerektirmektedir. Bu yüzden araştırmacılar karot parçalarının veya düzensiz şekilli kaya örneklerinin tek eksenli basınç dayanımının arazide veya laboratuvarında dolaylı yoldan tayini amacıyla nokta yük deney aleti kullanılmaktadır (Tarhan, 1996; Ulusay, 2010). Kapadokya yöresine ait ignimbirit ve tüflerin, nokta yük indeksi değerlerini belirlemek amacıyla, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak 5'er örnek üzerinde deneyler yapılmıştır (Çizelge 3.16).

İncelenen örneklerde elde edilen ortalama en düşük nokta yük değeri, Kızılkaya İgnimbirtine ait kaynaşma oranının nispeten düşük olduğu K3 örneklerinden (0,45 MPa), ortalama en yüksek değer ise Kavak İgnimbiritlerinden ve hidrotermal alterasyon nedeniyle SiO<sub>2</sub> oranı yüksek ve sert yapılı KA4, örneklerinden elde edilmiştir (2,92 MPa).

**Çizelge 3.16.** İncelenen örneklere ait nokta yük dayanım değerleri

Nokta yük dayanım indeksi, $I_{s(50)}$ , (MPa)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	1,55	1,96	0,08	1,63
K2	5	0,56	0,65	0,04	0,61
K3	5	0,40	0,53	0,05	<b>0,45</b>
K4	5	1,58	1,80	0,09	1,67
K5	5	1,20	1,33	0,06	1,26
K6	5	0,54	0,78	0,10	0,66
K7	5	1,77	2,00	0,10	1,89
K8	5	0,75	0,90	0,05	0,82
K9	5	0,71	0,87	0,08	0,77
K10	5	2,65	2,94	0,12	2,82
K11	5	2,17	2,50	0,14	2,26
G1	5	0,89	0,97	0,03	0,92
KA1	5	0,89	0,96	0,03	0,94
KA2	5	1,66	1,88	0,09	1,78
KA3	5	1,72	1,87	0,06	1,79
KA4	5	2,88	3,02	0,06	<b>2,92</b>
KA5	5	1,04	1,28	0,09	1,12
M1	5	2,14	2,36	0,09	2,20
M2	5	1,00	1,07	0,03	1,02
M3	5	1,34	1,68	0,15	1,50
M4	5	1,14	1,38	0,10	1,21

İncelenen örnekler, Bieniawski (1975)'e göre “çok düşük - düşük - orta dirençli kaya” grubunda yer almaktadır.

### 3.6.7 Schmidt çekici sertlik indeksi

Başlangıçta betonun dayanımını tahmin etmek amacıyla geliştirilen Schmidt sertlik çekici, kayaların dayanımlarının özellikle arazide kısa süre içerisinde dolaylı yoldan tahmin edilmesi için uzunca bir süreden beri kullanılmaktadır. Deney, arazide kayanın gözlendiği aynalarda, ayrık bloklarda ve karotlar üzerinde kolaylıkla uygulanabilmektedir (Kahraman vd., 2002). Deney L tipi çekiç kullanılarak, ISRM (2007) tarafından önerilmiş yöntemle göre uygulanmış olup elde edilen değerler Çizelge 3.17’de verilmiştir.

**Çizelge 3.17.** İncelenen örneklere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri

<b>Schmidt Çekici Sertlik İndeksi, SHV (L-tipi)</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Ölçüm Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	10	44	46	0,84	45,2
K2	10	30	32	0,98	30,8
K3	10	25	32	3,31	27,8
K4	10	39	44	1,87	42,0
K5	10	43	48	1,95	45,4
K6	10	22	26	1,67	24,6
K7	10	36	39	1,34	37,4
K8	10	33	37	1,52	34,6
K9	10	34	37	1,30	35,8
K10	10	48	50	0,84	49,2
K11	10	47	51	2,07	49,4
G1	10	42	46	1,52	43,6
KA1	10	28	31	1,30	29,2
KA2	10	30	32	0,98	31,2
KA3	10	40	42	0,89	40,6
KA4	10	41	42	0,45	41,2
KA5	10	32	33	0,45	32,2
M1	10	46	52	2,28	49,2
M2	10	42	48	3,03	45,8
M3	10	38	48	3,78	43,6
M4	10	36	43	3,32	39,0

Bilindiği gibi kayaçların sertliği; litoloji türüne, kayaların içerdiği mineral tür ve miktarına, kristallenme ya da çimentolanma tür ve derecesine göre, ayrışma derecesine bağlı olarak değişmektedir (Kahraman vd., 2002).

İncelenen rnekler üzerinde Schmidt çekici sertlik değerleri en yüksek Kızılkaya ignimbiritlerine ait K11 örneğinden, en düşük değer ise kaynanmamış K6 örneklerinden elde edilmiştir (izelge 3.17).

Günümüzde yapılan araştırmalarda, Schmidt çekici sertlik indeksleri sınıflama parametresi olarak yaygın kullanıma sahiptir. İncelenen rneklerin Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri De Beer (1967)'ye göre sınıflandığında, "yumuşak -sert - çok sert kaya" sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

### 3.6.8 Tek eksenli basınç dayanımı

Kapadokya yöresi tuf ve ignimbiritlerinin tek eksenli basınç dayanımını belirlemek amacıyla, 5 örnek üzerinde boy çap oranı 2-2,5 olan örnekler kullanılarak gerçekleştirilen deneyler için, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler Çizelge 3.18’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.18.** İncelenen örneklere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Tek Eksenli Basınç dayanımı $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	410,53	472,43	5,02	437,72
K2	5	69,44	80,56	1,06	76,93
K3	5	40,48	60,57	1,85	<b>54,49</b>
K4	5	266,75	292,96	2,27	281,42
K5	5	183,44	273,38	8,78	204,29
K6	5	69,44	93,10	2,00	82,84
K7	5	244,42	272,06	2,66	255,26
K8	5	109,52	116,25	0,60	113,02
K9	5	112,17	123,79	1,19	120,12
K10	5	537,89	622,93	7,99	<b>574,23</b>
K11	5	463,56	541,87	6,57	499,86
G1	5	190,17	234,23	3,81	216,40
KA1	5	109,52	133,17	2,19	124,06
KA2	5	234,23	256,05	1,75	244,73
KA3	5	272,06	346,39	6,90	305,12
KA4	5	456,01	527,69	8,69	500,23
KA5	5	123,79	162,54	3,47	148,26
M1	5	445,71	627,42	15,69	532,73
M2	5	117,06	173,25	5,15	140,62
M3	5	150,51	226,68	6,30	197,19
M4	5	114,92	174,06	5,67	149,26

İncelenen örnekler arasında basınç direnci en yüksek değer Kızılkaya İgnimbiritlerine ait kaynaşma oranı nispeten yüksek K10 örneğinden, en düşük basınç direnci değeri ise kaynaşmamış K3 örneğinden elde edilmiştir.

İncelenen örnekler, ISRM (1981)'e göre, “düşük - orta - yüksek dirençli kaya”, Deere ve Miller (1966)'e göre, “çok düşük- düşük - orta dirençli kaya ” sınıflarında yer almaktadır.

Niğde yöresinden derlenen örnekler Nevşehir yöresinden derlenen iyi kaynaşmamış ignimbiritlere oranla nispeten daha yüksek dayanım değerleri sunmuşlardır. Bunda ignimbiritlerdeki kaynaşma oranı yanında, Melendizdağ tüflerinde olduğu gibi ince taneli matriksin kayada homojen olması ile boşlukların az olmasının etkin rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca örneklerin birim ağırlıklarının ve özgül ağırlıklarının düşük olması ve ağır mineral içeriklerinin düşük olması tek eksenli basınç dayanımlarının da düşük olduğunu ortaya koymuştur. Kayacın düzensiz boşlukları yanında, ayrışma ve iri pomza içeriklerinin fazla olması ile kayanın tek eksenli basınç dayanımında, düşük değerlerin ortaya çıkmasında önemli etkilerinin olması kaçınılmaz olarak düşünülmektedir.

### 3.6.9 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi

Özellikle tuf, marn ve kil içeren zayıf kayaların ıslanma ve kuruma sonucunda parçalanma ve zayıflamaya karşı gösterdiği direnci belirlemek amacıyla, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi iki deney numunesi üzerinde 2 çevrim olarak yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 3.19’da sunulmuştur.

**Çizelge 3.19.** İncelenen örneklere ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri

Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi, $I_{d2}$ (%)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	2	98,72	98,98	0,09	98,85
K2	2	91,30	91,49	0,07	91,40
K3	2	91,95	92,04	0,03	91,99
K4	2	97,41	97,49	0,03	97,45
K5	2	96,31	96,81	0,18	96,56
K6	2	90,33	91,89	0,66	<b>91,11</b>
K7	2	95,18	95,89	0,25	95,54
K8	2	90,83	91,85	0,36	91,34
K9	2	93,27	93,82	0,19	93,54
K10	2	98,82	99,11	0,10	<b>98,97</b>
K11	2	98,22	98,32	0,03	98,27
G1	2	97,12	97,89	0,27	97,51
KA1	2	91,49	92,89	0,49	92,19
KA2	2	92,61	92,76	0,05	92,68
KA3	2	97,61	97,72	0,04	97,66
KA4	2	98,40	98,53	0,04	98,46
KA5	2	94,10	95,06	0,34	94,58
M1	2	96,46	96,68	0,08	96,57
M2	2	94,35	94,43	0,03	94,39
M3	2	97,97	98,41	0,16	98,19
M4	2	96,55	96,01	0,19	96,28

İncelenen örneklerden suya dağılmaya karşı dayanıklılık değeri en yüksek Kızılkaya İgnimbiritlerine ait kaynaşma oranı yüksek K10 örneği olurken (% 98,97), en düşük değer aynı formasyona ait kaynaşma oranı düşük K6 örneğine aittir (% 91,11).

Örneklerin 2 çevrim sonucunda suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Gamble (1971)'a göre “ orta derecede yüksek, yüksek ve çok yüksek derecede duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır.

### 3.6.10 Çivi penetrasyon deneyi

Tek eksenli basınç dayanımı kaya mühendisliği alanında yararlanılan en önemli parametrelerden birisidir. Çok kolay ve basit olmakla birlikte, örneklerin hazırlanmasında özen gerektiren ve zaman alıcı bir yöntemdir. Bununla birlikte, zayıf ve çok zayıf kayalardan karot alınması genellikle güç bir işlemdir. Bu nedenle, tek eksenli basınç dayanımının belirlenmesinde genellikle nokta yük dayanım indeksi deneyi ve Schmidt çekici sertlik deneyi gibi dolaylı yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin avantajları kadar dezavantajları da vardır. Tek eksenli basınç dayanımının dolaylı yöntemlerle belirlenmesinde ortaya çıkan zorlukların giderilmesi için özellikle zayıf ve çok zayıf kayalara uygulanmak üzere yeni bir yöntem olan çivi penetrasyon deneyi Kayabalı ve Selçuk (2010) tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde 130 J. kuvvet uygulayan beton çivi tabancası ile blok örnekler üzerine 5 adet atış yapılmış ve penetrasyon derinlikleri elde edilmiştir (Fotoğraf 3.12).

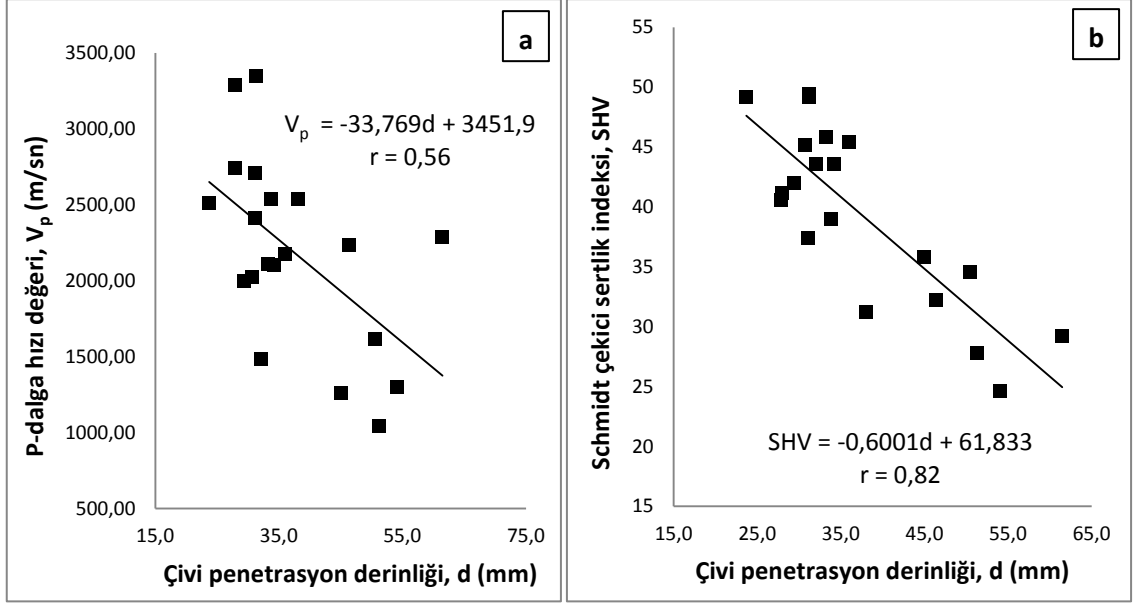


Fotoğraf 3.12: Çivi Penetrasyon Deneyinin blok örnekler üzerinde uygulanması

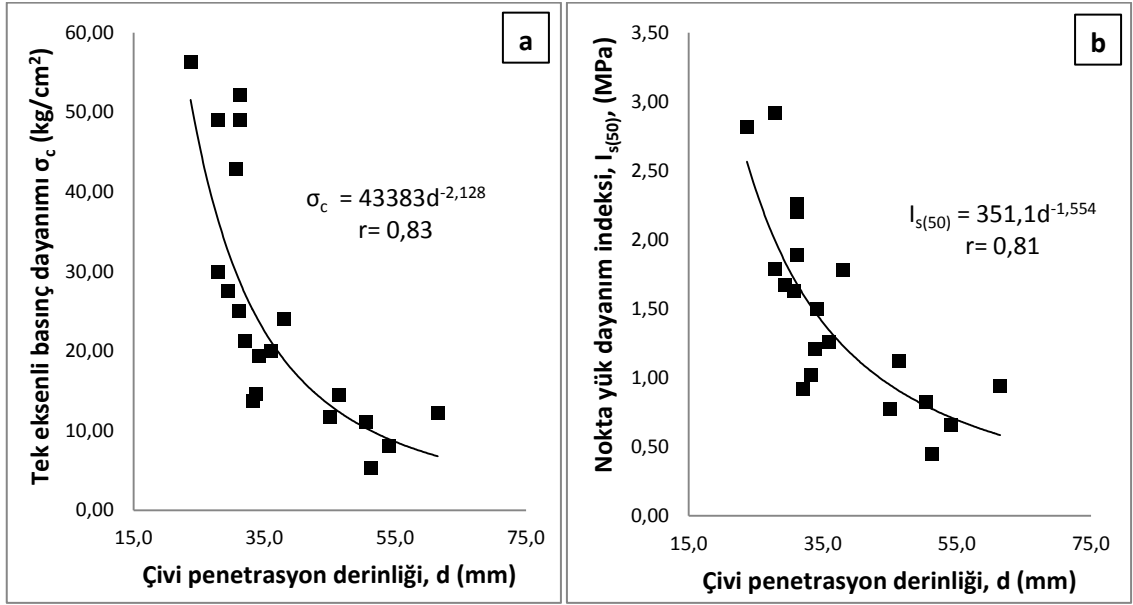
**Çizelge 3.20.** İncelenen örneklere ait çivi penetrasyon derinlikleri

<b>Çivi Penetrasyon Deneyi, d (mm).</b>					
<b>Örnek No</b>	<b>Ölçüm Sayısı</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Ortalama</b>
K1	5	28,87	32,08	1,43	30,70
K2	5	49,27	54,22	2,36	51,86
K3	5	50,50	52,70	0,94	51,28
K4	5	29,08	29,96	0,49	29,44
K5	5	28,71	41,59	5,39	35,95
K6	5	49,78	56,70	2,92	54,09
K7	5	29,21	32,92	1,54	31,10
K8	5	43,89	55,15	4,47	50,49
K9	5	44,1	47,2	2,19	45,65
K10	5	20,37	25,57	2,15	<b>23,71</b>
K11	5	29,74	32,43	1,08	31,22
G1	5	31,12	33,16	0,97	32,06
KA1	5	60,03	62,39	1,26	<b>61,47</b>
KA2	5	36,35	38,88	1,31	38,05
KA3	5	25,68	29,52	1,38	27,85
KA4	5	22,87	35,75	5,68	27,93
KA5	5	45,71	56,60	5,58	50,43
M1	5	29,96	33,26	1,33	31,24
M2	5	31,21	35,01	1,72	33,20
M3	5	30,79	37,20	2,76	34,23
M4	5	32,55	35,26	1,31	33,79

İncelenen örneklerden elde edilen en düşük penetrasyon derinliği sert yapılı Kızılkaya İgnimbiritine ait K10 örneği olurken, en yüksek penetrasyon derinliği yumuşak yapı ve boşluklu KA1 örneğinden elde edilmiştir. Aynı şekilde Kızılkaya İgnimbiritlerinde kaynaşma oranı yüksek olan örneklerden elde edilen penetrasyon derinlikleri düşük, kaynaşma oranları düşük olanların penetrasyon derinliklerinin yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.20). İncelenen piroklastiklerin mekanik özellikleri ile penetrasyon derinlikleri arasında yapılan basit regrasyon analizlerinde elde edilen grafikler aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.24, 3.25).



Şekil 3.24: Çivi penetrasyon derinlikleri ile a) P dalga hızı b) Schmidt sertlik indeksi arasındaki ilişki



Şekil 3.25: Çivi penetrasyon derinlikleri ile a) Tek eksenli basınç dayanımı b) Nokta yük dayanım indeksi arasındaki ilişki

Elde edilen grafiklerden çivi penetrasyon derinliği ile tek eksenli basınç dayanımı, schmidt sertlik indeksi ve nokta yük indeksi arasında anlamlı bir ilişki olduğu, P dalga hızı ile ise daha düşük anlamlılıkta bir ilişkinin olduğu görülmüştür. P dalga hızı değerleri ile arasındaki bu düşük korelasyon katsayısının nedenin incelenen örneklerin içindeki düzensiz boşluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

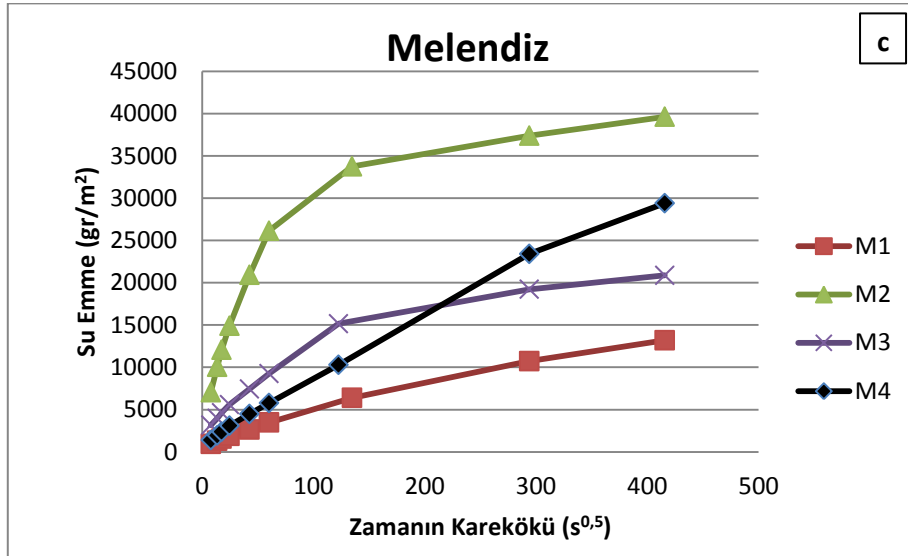
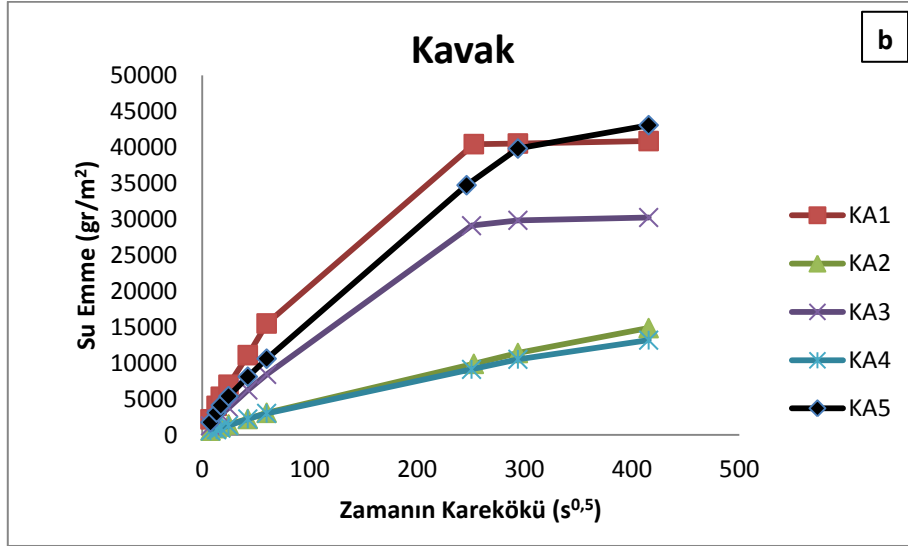
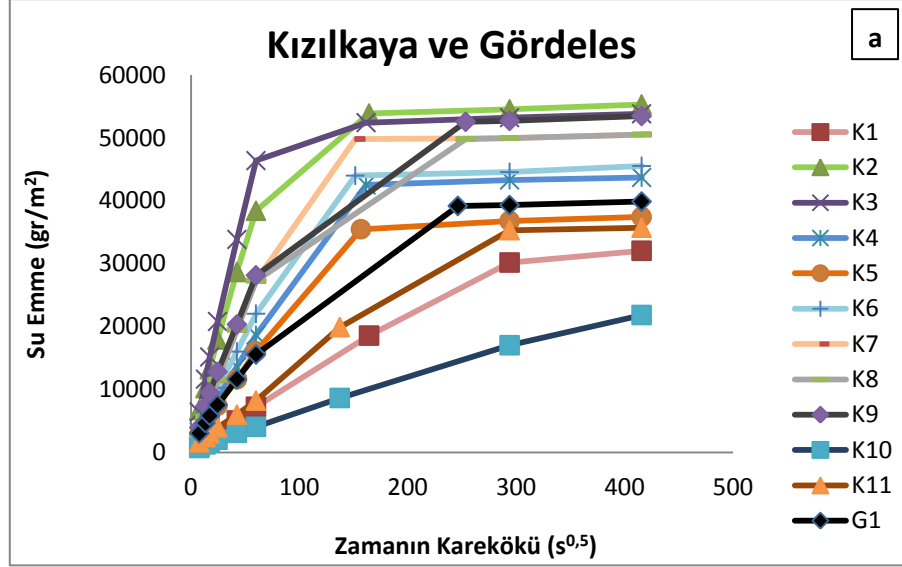
### 3.6.11 Kılcal su emme deneyi

İncelenen örneklerin kapiler su emme potansiyellerini belirlemek amacıyla kapiler su emme deneyi yapılmış ve katsayısı hesaplanmıştır. Deney TS EN 1925 standardına göre silindirik 3 örnek üzerinde yapılmıştır. Elde edilen kılcal su emme katsayıları Çizerge 3.21’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.21.** İncelenen örneklere ait kılcal su emme katsayısı değerleri

Kılcal Su Emme Katsayısı, $C_1$ (gr/m <sup>2</sup> s <sup>0,5</sup> )					
Örnek No	Ölçüm Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	3	93,0	113	8,5	104
K2	3	661,4	685,2	12,0	674,2
K3	3	798,2	829,6	16,1	<b>815,7</b>
K4	3	303,0	311,0	4,37	308,1
K5	3	267,7	299,8	17,8	279,3
K6	3	357,9	376,8	9,5	367,4
K7	3	218,3	317,9	50,6	273,3
K8	3	424,6	454,6	15,2	441,2
K9	3	442,3	469,3	13,5	456,5
K10	3	67,7	74,3	3,3	70,63
K11	3	137,1	164,9	13,9	150,6
G1	3	237,9	259,3	11,4	250,8
KA1	3	247,9	262,2	7,4	256,2
KA2	3	47,3	51,1	1,9	49,2
KA3	3	94,2	141,5	26,9	125,3
KA4	3	40,4	56,7	8,0	49,1
KA5	3	174,9	175,1	0,9	175,5
M1	3	33,9	58,1	12,3	<b>47,2</b>
M2	3	385,2	435,7	28,4	402,9
M3	3	133,8	156,9	12,6	148,3
M4	3	90,2	96,3	3,3	94,0

İncelenen örneklerden elde edilen su emme- zamanın karekökü grafikleri ise aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.26).



Şekil 3.26: Kapilerite ile emilen suyun birim alandaki kütle artışının karekök zamana göre değişimi a) Kızılkaya ve Gördeles İğnimbiritleri, b) Kavak İğnimbiritleri c) Melendiz Tüfleri

Elde edilen kılcal su emme değerlerine bakıldığında en düşük değeri sert yapılı Melendiz Tüflerine ait M1 örneğinden, en yüksek değeri ise kaymaşmamış, yumuşak yapılı Kızılkaya İgnimbiritlerine ait K3 örneğinden elde edilmiştir.

Tomašić vd. (2011) alışmalarında doğal taşlarda kılcal su emmenin bileşim, yapı, doku ve boşlukların karakteri gibi çeşitli petrografik özelliklere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. İncelenen Kızılkaya İgnimbiritlerine ait örneklere kaynaşma oranı az, boşluk oranı fazla olan örneklere kılcal suyun hareketi kolay ve emme süresi kısa iken, kaynaşma oranı fazla, boşluk oranı az örneklere kılcal suyun hareketi zor ve dolayısıyla emme süresi fazla olmuştur. Kavak İgnimbiritlerine ait örneklere ise SiO<sub>2</sub> oranı yüksek sert yapılı, boşluk oranı az olan örneklere kılcal su emme değerlerinin düşük iken, SiO<sub>2</sub> oranı düşük yumuşak yapılı örneklere kılcal su emme değerlerinin arttığı görülmüştür. Melendiz Tüflerine ait örneklere iyi paketlenmiş, ince taneli ve düzensiz boşlukları az örneklere kılcal su emme potansiyellerinin de az olduğu görülmüştür.

## BÖLÜM IV

### VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İncelenen İğnimbirit ve tüflere ait bazı petrografik ve kimyasal özellikler ile fiziksel ve mekanik özellikler arasında varolabilen ilişkiler, istatistiksel olarak basit regresyon analizleri ile belirlenmiştir. Yapılan analizlerde, deneysel verilerin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır. Regresyon analizlerinden elde edilen tüm ilişkilere ait korelasyon katsayıları çizelgeler halinde sunulmuştur. Korelasyon katsayısı (r) değerleri;  $\pm 0,80$ 'den büyük olduğunda istatistiksel olarak anlamlı ilişkilere bahsedilmekte ve uygulanmaktadır (Johnson, 1984). Anlamlı ilişkilere önemli olanları grafikler halinde sunulmuş ve bu ilişkilere ait denklemler grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Farklı alanlardan derlenen tüf örnekleri ile farklı kaynaşma oranlarına sahip İğnimbiritlerin jeomekanik özellikler arasında topluca yapılan regresyon analizlerinde beklenen derecede anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Bu nedenle litolojiler ayrı ayrı değerlendirilerek petrografik özellikler ile jeomekanik özellikleri arasında elde edilen regresyon analizlerinde daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

#### **4.1 Kızılkaya İğnimbiritlerine ait Örneklerin Petrografik Özellikleri ile Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler**

Modal analiz sonuçlarından elde edilen verilere göre tane-matriks, fenokristal ve boşluk oranının Kızılkaya İğnimbiritinin fizikomekanik özellikleri arasında istatistiksel bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. İğnimbiritlerin petrografik özelliklerinin incelenmesi ile elde edilen tane matriks oranı (GMR) ile fizikomekanik özelliklerinin ortalama değerleri arasında basit regresyon analizleri ile varolabilen ilişkiler araştırılmıştır. Elde edilen ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

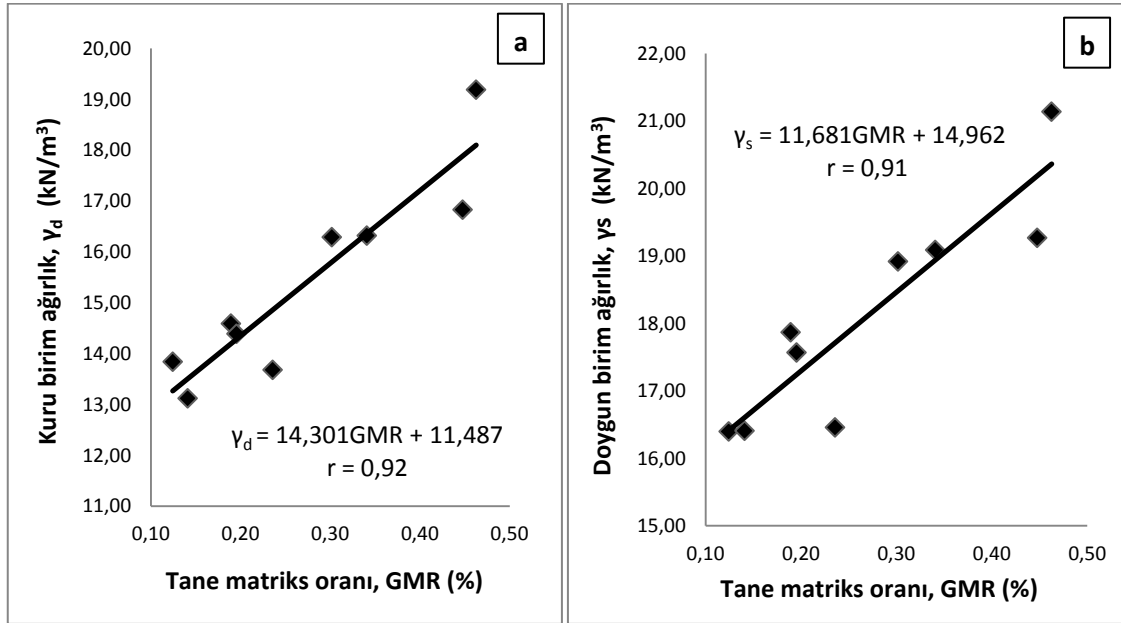
Kızılkaya İğnimbiritine ait K10 ve K11 örnekleri ile Gördeles İğnimbiritine ait G1 örneği kaynaşma özellikleri farklı olduğundan korelasyona dâhil edilmemişlerdir. Kaynaşma özelliklerinin farklı olması diğer örneklere oranla petrografik özellikler ile

fizikomekanik özellikler arasındaki ilişkiyi büyük oranda değiştirdiği için ilişkileri olumsuz yönde etkilemektedir.

**Çizelge 4.1.** Kızılkaya ignimbritlerinin bazı petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Özellik	$\gamma_d$	$\gamma_s$	$w_a$	$n_e$	$V_p$	SHV	$I_{s(50)}$	$\sigma_c$	$I_{d2}$	d	$C_1$
GMR	0,92	0,91	-0,87	-0,75	0,81	0,84	0,77	0,85	0,89	-0,82	-0,87
Fenokristal (%)	0,94	0,93	-0,87	-0,71	0,85	0,88	0,82	0,88	0,92	-0,87	-0,87
Boşluk (%)	-0,88	-0,92	0,72	0,50	-0,89	-0,95	-0,89	-0,85	-0,91	0,93	0,73

İgnimbritlerin tane matris oranları ile kuru ve doymun birim ağırlıklar arasında yapılan analizler sonucu, yüksek anlamlılık derecesine sahip bir ilişki elde edilmiştir. Tane matris oranları ile kuru ve doymun birim ağırlıklar arasında yapılan istatistiksel analizin korelasyon katsayıları  $r = 0,92$  ve  $r = 0,91$  olup, aralarında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.1 ).



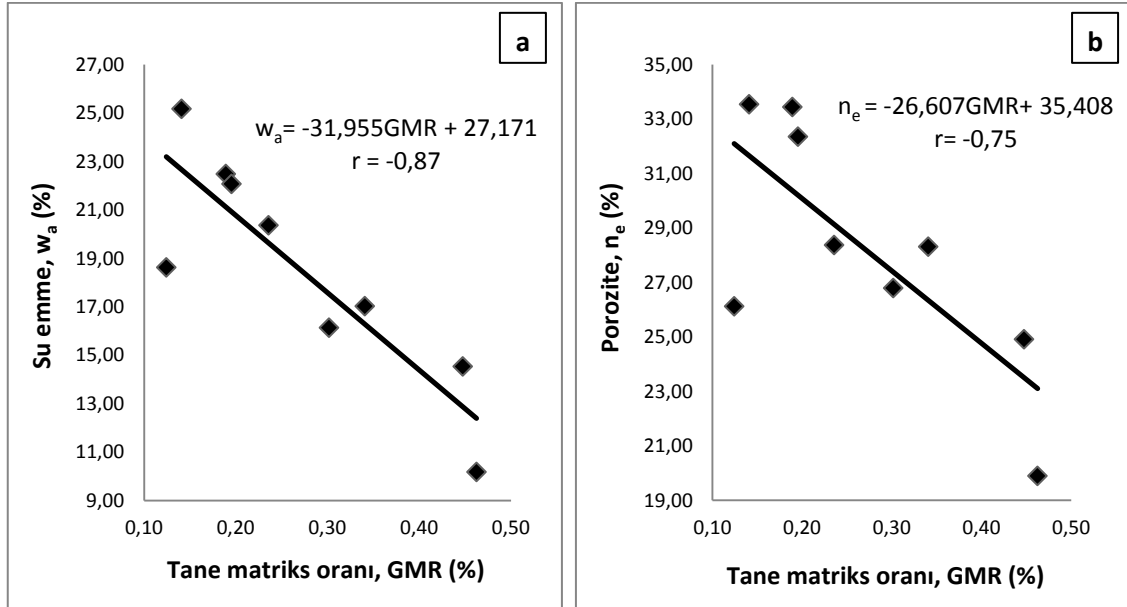
**Şekil 4.1.** Tane matris oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doymun birim ağırlık arasındaki ilişki

Elde edilen ilişkiye göre tane matris oranı yüksek olan ignimbritlerin, birim ağırlık değerleri de yüksektir. Tane matris oranının birim hacim ağırlık ile olan ilişkisinde

plajioklas, biyotit kuvars fenokristallerinin ve litik tanelerin etkin rol oynadığı düşünülmektedir.

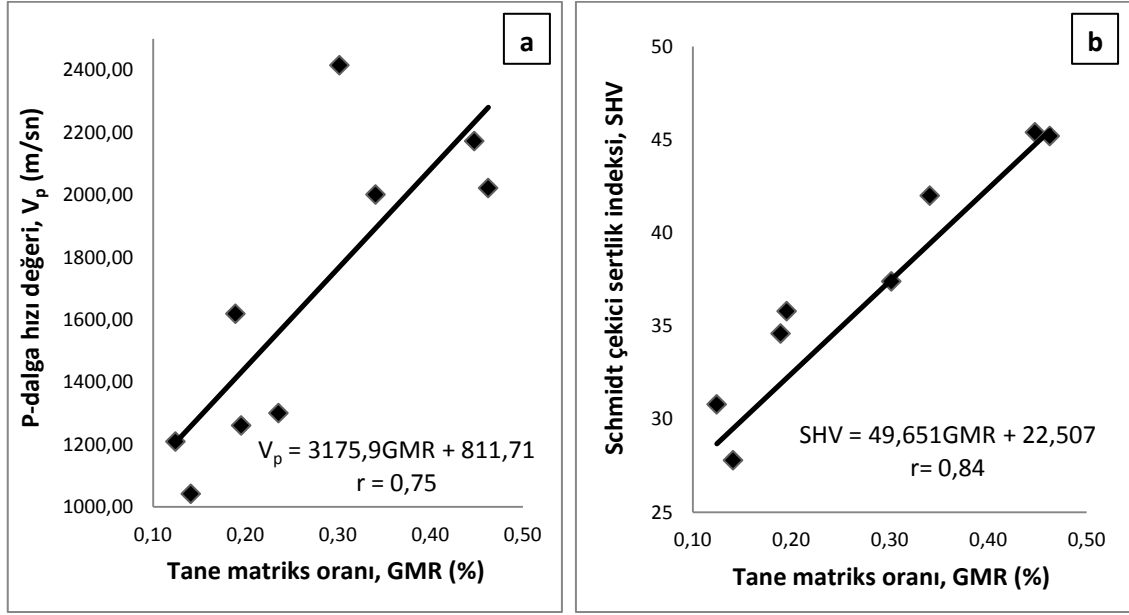
İgnimbiritlerin tane matriks oranları ile su emme oranı arasında ters bir ilişki bulunmakta olup, korelasyon katsayısı  $r = -0,87$  dir. Elde edilen ilişkiye göre, tane matriks oranları yüksek ignimbiritlerin su emme oranları düşük değerler sunmaktadır (Şekil 4.2). Bu iki özellik arasında korelasyon katsayısının nispeten yüksek olması, ilişkinin de anlamlı olduğunu orataya koymaktadır. Tane matriks oranı yüksek olan ignimbiritlerin kompakt ve yoğun olması nedeniyle su emme değerlerinin daha düşük olduğu düşünülmektedir.

İgnimbiritlerin tane matriks oranları ile efektif porozite oranı arasında ters bir ilişki bulunmakta olup, korelasyon katsayısı  $r = -0,75$  dir. Korelasyon katsayısının nispeten düşük olması ignimbiritlerin oluşumu esnasında oluşan boşluklar haricinde düzensiz ikincil boşlukların var olmasının bu ilişkide etkin parametreler olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.2).



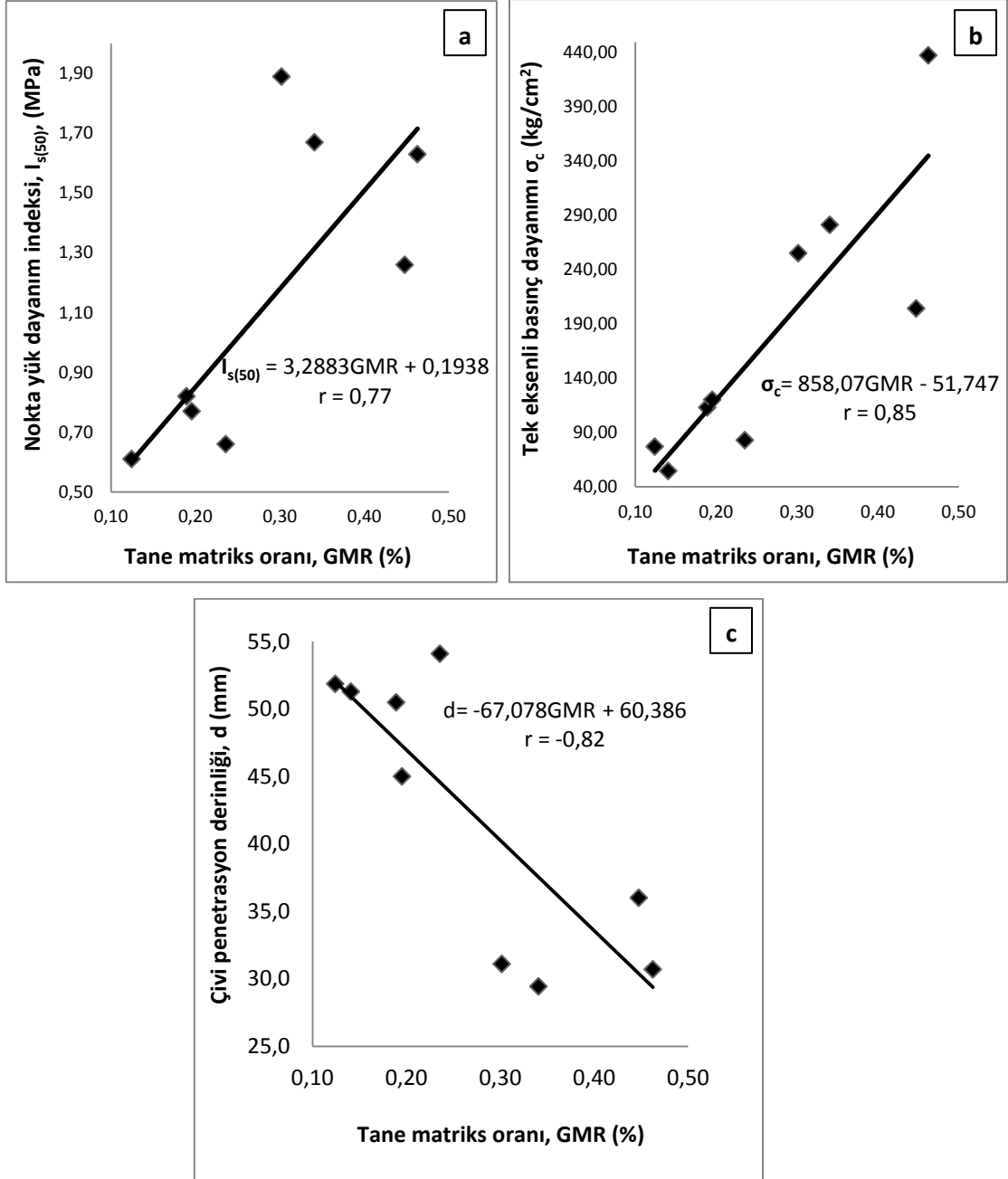
İgnimbiritlerin tane matriks oranları ile P-dalga hızı değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmakta olup korelasyon katsayısı  $r = -0,75$  dir. Korelasyon katsayısının nispeten

düşük olması kaya içerisindeki boşlukların değişken ve homojenliğinin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3.** Tane matriks oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi arasındaki ilişki

İgnimbiritlerden elde edilen tane matriks oranlarının, bunlardan elde edilen mekanik özellikleri hangi oranda etkilediğini belirlemek amacıyla Schmidt çekici sertlik indeksi, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç deneyi, çivi penetrasyon deneyleri arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerden, Schmidt çekici sertlik indeksi ile korelasyon katsayısı  $r = 0,84$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.3). Nokta yük dayanım indeksi ile ise korelasyon katsayısı  $r = 0,77$  olan yine doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Nokta yük dayanım indeksi ile tane matriks oranı arasındaki ilişkinin diğer özelliklere göre nispeten düşük olmasının nedeninin kayaç bünyesinde yer yer bulunabilen iri pomza taneleri ve düzensiz boşlukların bunda etkin olduğu sanılmaktadır. Tane matriks oranı ile tek eksenli basınç dayanımı arasında korelasyon katsayısı  $r = 0,85$  olan doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Yine tane matriks oranı ile çivi penetrasyon derinliği arasında korelasyon katsayısı  $r = -0,82$  olan ters bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.4). Korelasyon katsayılarının genelde yüksek olması ignimbiritlerin mekanik özelliklerinin genel olarak tane matriks oranıyla kontrol edildiği şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan analizlerde tane matriks oranı yüksek olan ignimbiritlerin direnç özelliklerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.

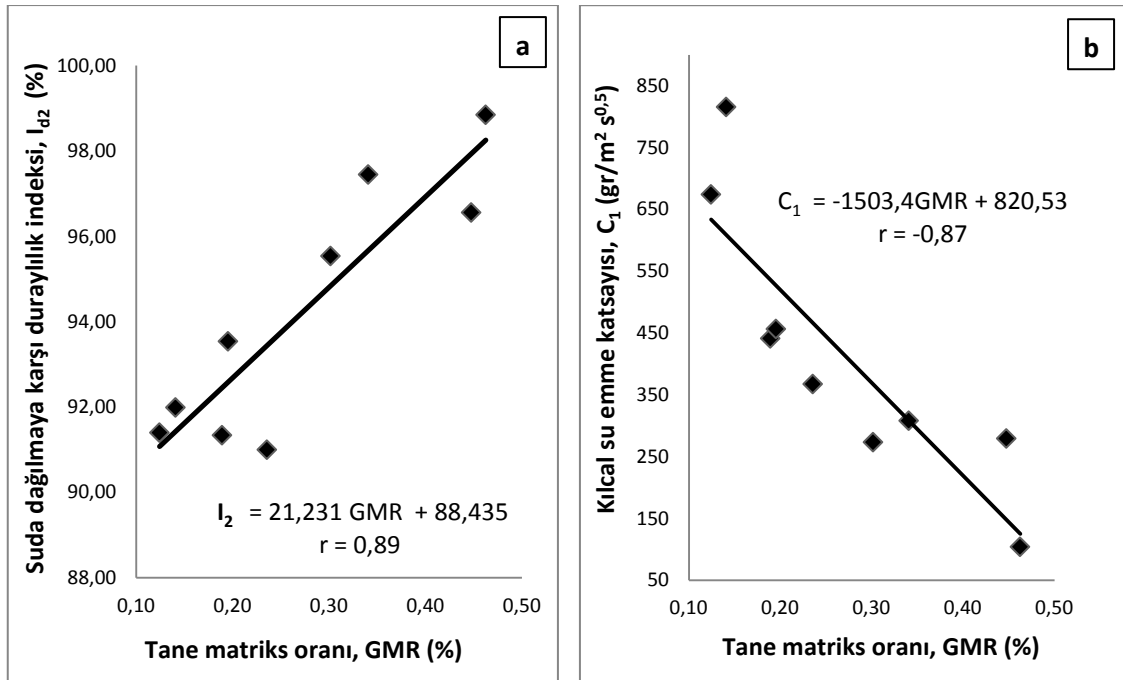


**Şekil 4.4.** Tane matriks oranı ile a) Nokta yük dayanım indeksi b) Tek eksenli basınç dayanımı c) Çivi penetrasyon derinliği arasındaki ilişki

Moon (1993b) ignimbiritlerin jeomekanik özelliklerini etkileyen birincil faktörün matriksin içyapısı olduğunu, tek eksenli basınç dayanımı ve suda dağılmaya karşı duraylılığın, hamurdaki malzemelerin paketlenmesi ve birbirleriyle temas halinde olup olmaması tarafından kontrol edilmekte ve bunun da doğal kaynaşma olayının bir sonucu olduğunu belirtilmiştir. Kristal ve tane boyutunun ise tek eksenli basınç dayanımı üzerinde ikincil olarak etkili olduğunu vurgulamıştır. İncelenen Kızılkaya İgnimbiritine

ait örneklerde de kaynaşma oranı arttıkça fizikomekanik özelliklerin de arttığı gözlenmiştir.

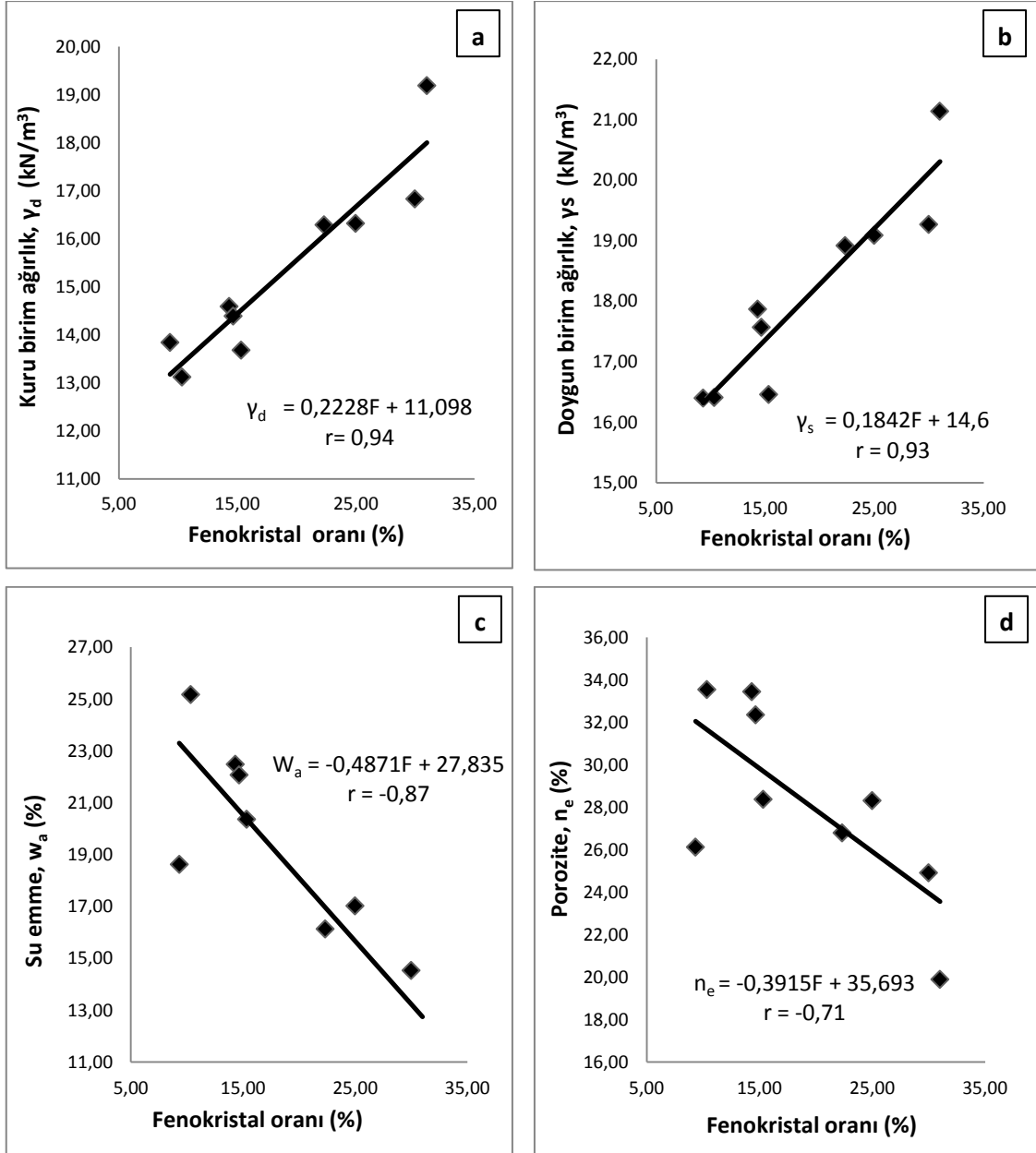
Tane matriks oranı ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi arasında korelasyon katsayısı  $r = 0,89$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Tane matriks oranı ile kılcal su emme katsayısı arasındaki korelasyon katsayısı  $r = -0,87$  olan ters bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.5). Tane matriks oranı yüksek olan kaynaşmış sert yapılı örneklerin kılcal su emme katsayıları da düşük değerlerdedir.



Şekil: 4.5. Tane matriks oranı ile a) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi b) Kılcal su emme katsayısı

Kızılkaya İgnimbiritlerinde yapı ve dokusal özellikleri farklı olan K10, K11 ve G1 örnekleri dışındaki örneklerin tane-matriks oranları yükseldikçe fizikomekanik özelliklerinin de yükseldiği gözlenmiştir.

Kızılkaya İgnimbiritlerine ait fenokristal oranları ile jeomekanik özellikler arasında basit regresyon analizlerinden elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Elde edilen verilerden fenokristal oranının da jeomekanik özellikler üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Kuru ve doygun birim ağırlık, porozite ve su emme değerleri ile fenokristal oranı arasında yapılan analizlerin korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = 0,94$ ,  $r = 0,92$ ,  $r = -0,87$ ,  $r = -0,71$ , olarak elde edilmiştir (Şekil 4.6).

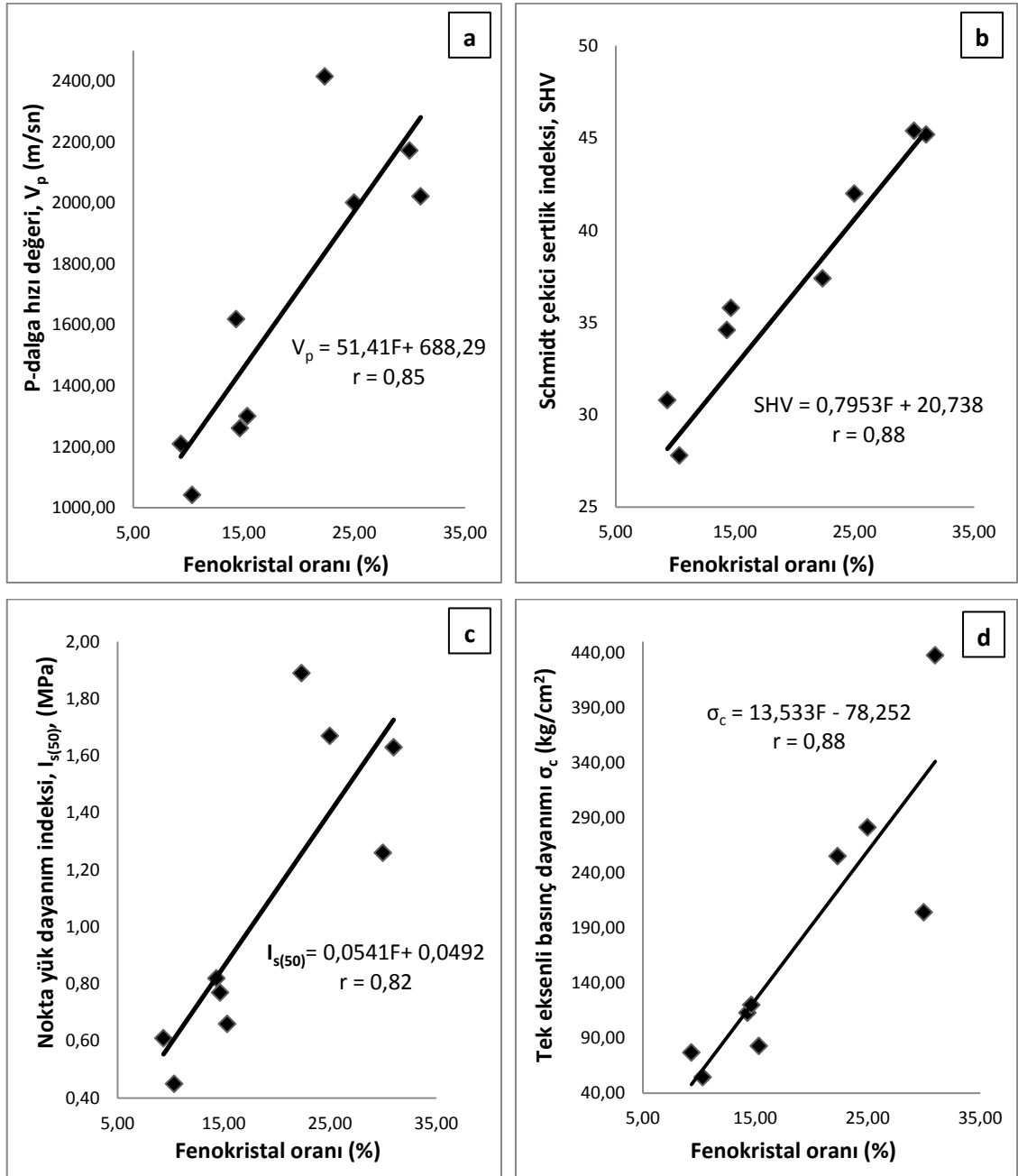


**Şekil 4.6.** Fenokristal oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doymun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki

Fenokristal oranı ile P-Dalga hızı, Schmidt çekici sertlik indeksi, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı ve çivi penetrasyon derinliği değerleri arasındaki analizlerden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = 0,85$ ,  $r = 0,88$ ,  $r = 0,82$ ,  $r = 0,88$ ,  $r = -0,87$  olarak bulunmuştur (Şekil 4.7, 4.8).

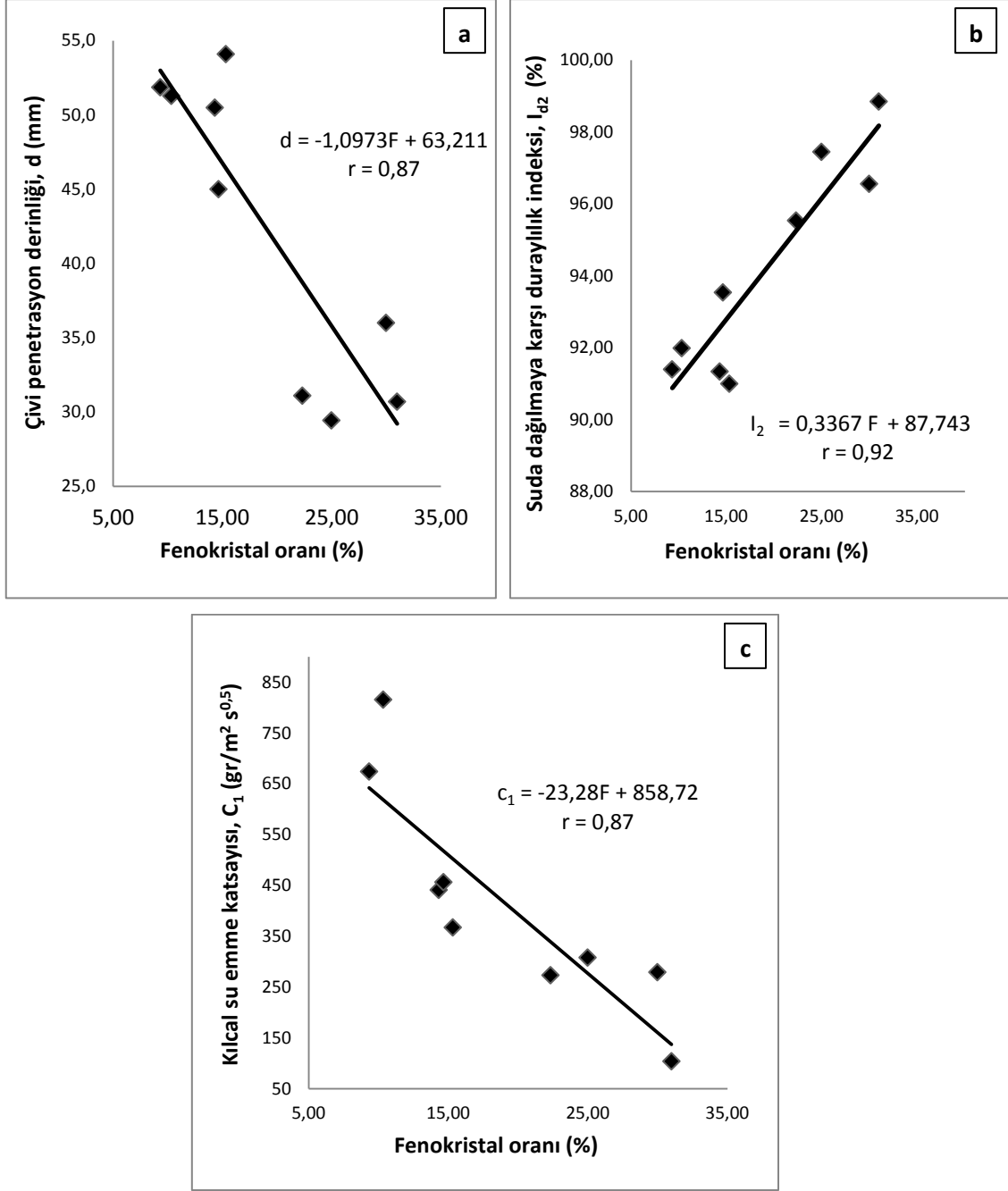
Elde edilen istatistiksel değerlendirmelere göre yüksek fenokristal oranı sunun ignimbritlerin mekanik özelliklerinin de yükseldiği gözlenmiştir. Bunun ignimbritlerin kaynaşma özelliklerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Matriksteki

iyi şekilde kenetlenme oranının yükselmesi ile fenokristal oranı da o oranda artmakta ve fizikomekanik özellikleri iyileştirmektedir.



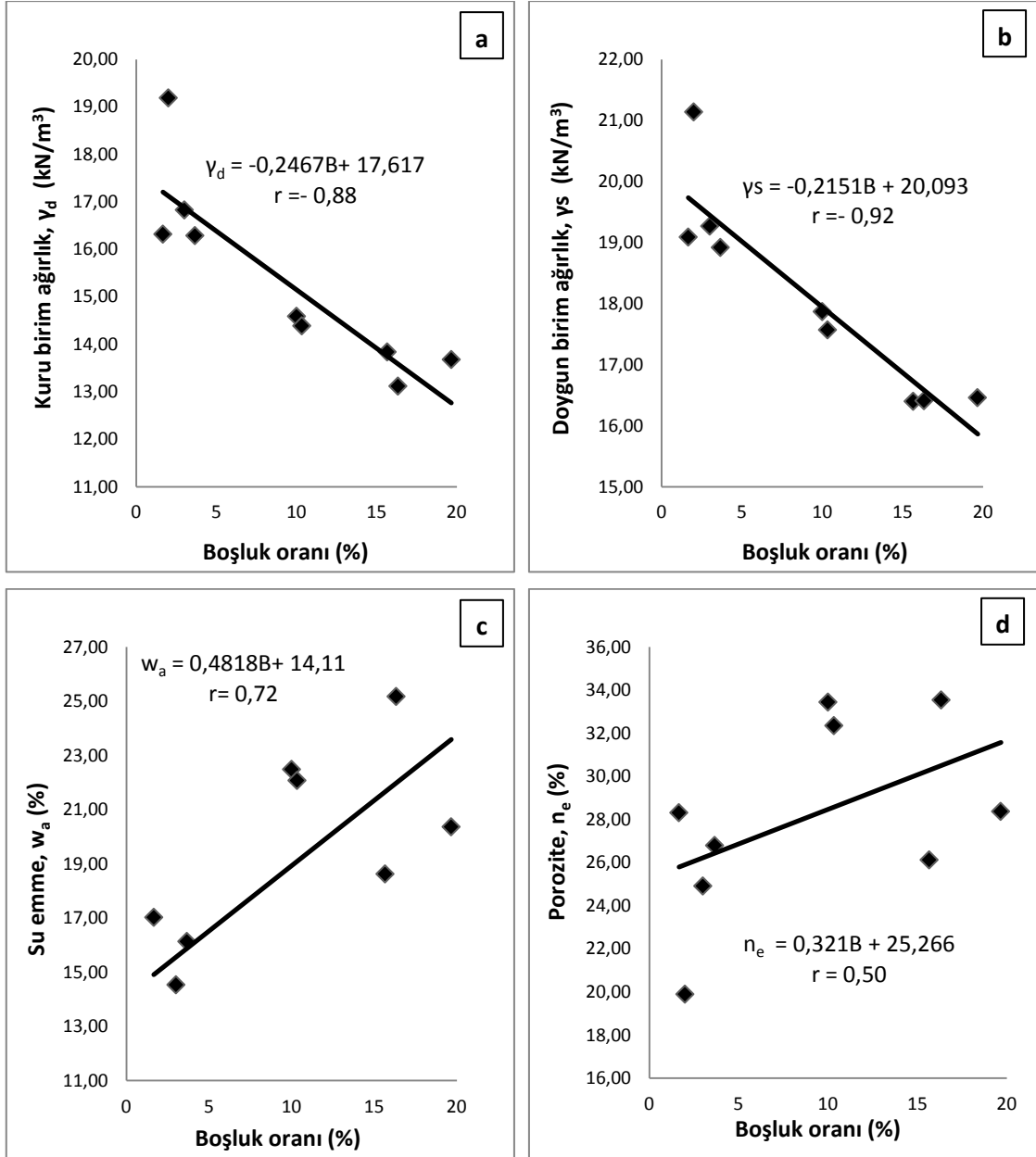
**Şekil 4.7.** Fenokristal oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

Fenokristal oranı ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi arasında korelasyon katsayısı  $r = 0,92$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Fenokristal oranı ile su emme katsayısı ile arasındaki korelasyon katsayısı  $r = -0,87$  olan ters orantılı bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.8).



**Şekil 4.8.** Fenokristal oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki

Kızılıkaya ignimbiritlerine ait örneklerden modal analiz sonucu elde edilen boşluk oranı ile jeomekanik özellikler arasında elde edilen korelasyon katsayıları ise Çizelge 4.1' de sunulmuştur. Düzensiz boşlukların oranı ile kuru ve doygun birim ağırlık, porozite ve su emme değerleri arasında yapılan analizlerin korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = -0,88$ ,  $r = -0,92$ ,  $r = 0,72$ ,  $r = 0,50$  olarak elde edilmiştir (Şekil 4.9).

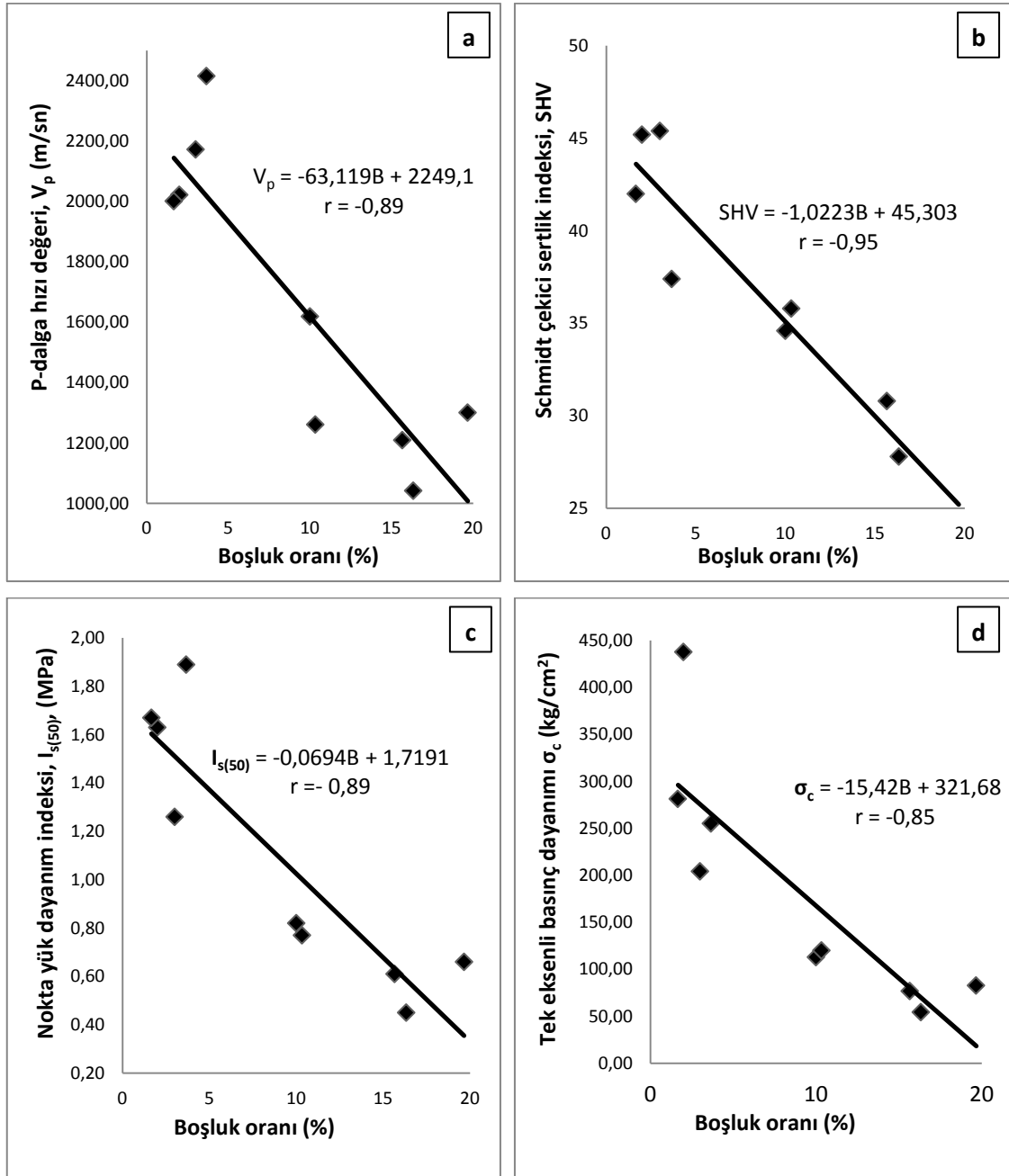


**Şekil 4.9.** Boşluk oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki

Modal analizlerden elde edilen düzensiz boşlukların su emme ve efektif porozite değerleri arasındaki ilişkinin düşük olması su emme ve porozite değerlerinin birbirleriyle bağlantılı boşlukları sayesinde oluşmaktadır. Modal analiz sonucu elde edilen boşluk oranı değerlerinin bağlantılı ve bağlantısız tüm boşlukları içine almasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Düzensiz boşlukların oranı ile P-Dalga hızı, schmidt çekici sertlik indeksi, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı ve çivi penetrasyon derinliği arasındaki

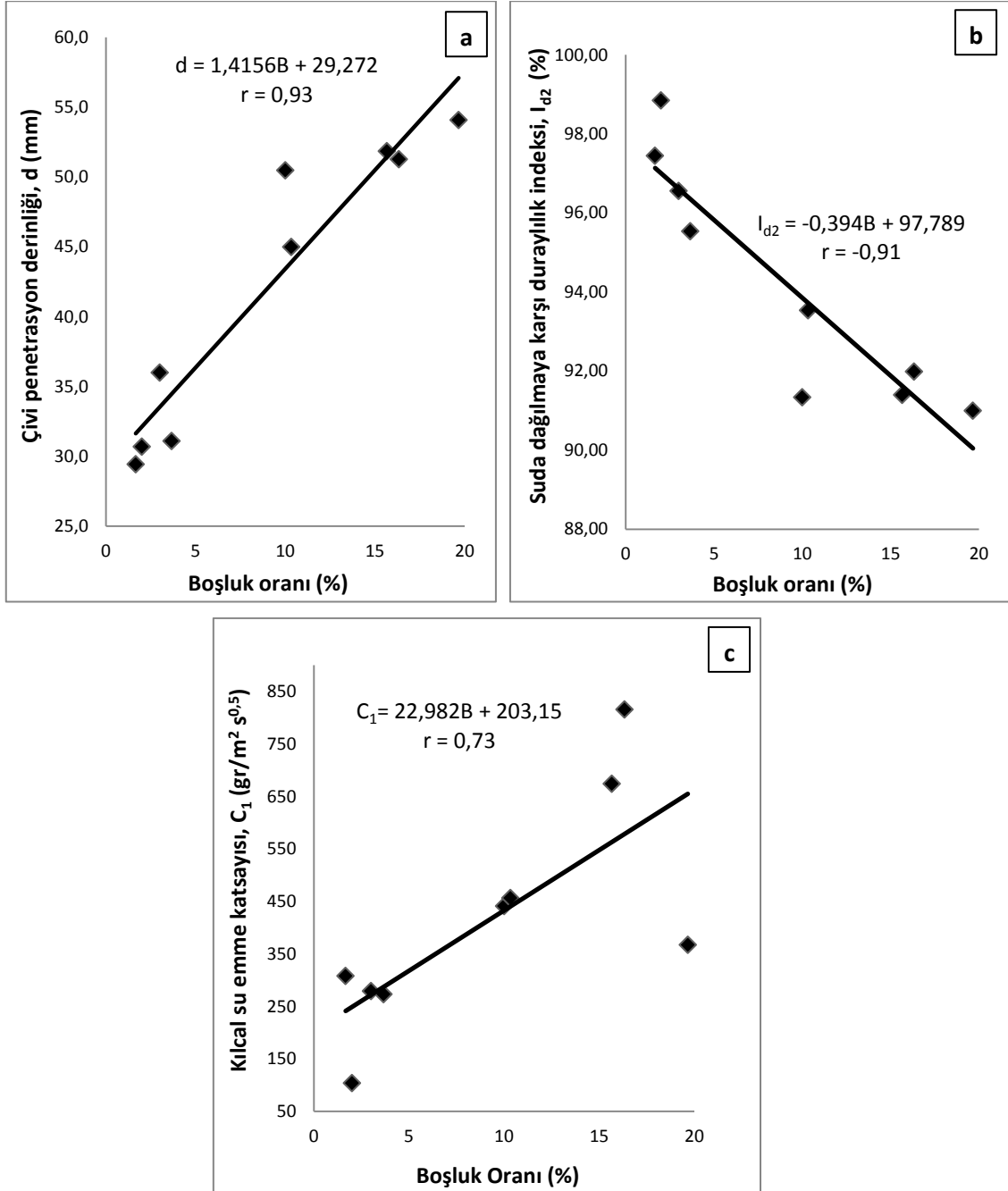
analizlerden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = -0,89$ ,  $r = -0,95$ ,  $r = -0,89$ ,  $r = -0,85$ ,  $r = 0,93$  olarak bulunmuştur (Şekil 4.10, 4.11).



**Şekil 4.10.** Boşluk oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

Kayaçlarda düzensiz boşlukların jeomekanik özellikleri önemli ölçüde değiştirdiği bilinmektedir. Kızılkaya İğnibirirlerine ait örneklerde de görüldüğü gibi boşluk oranı azaldıkça kayaçların dayanım özelliklerinin de aynı oranda arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.11).

Düzensiz boşlukların oranı ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi arasında korelasyon katsayısı  $r = -0,91$  olan ters bir ilişki elde edilmiştir. Boşluk oranı ile kılcal su emme katsayısı arasındaki korelasyon katsayısı  $r = 0,73$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11.** Boşluk oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki

## 4.2 Kavak İgnimbiritlerine Ait Örneklerin Petrografik Özellikleri İle Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerin modal analizlerden elde edilen tane matris oranı ile kimyasal analizlerden elde edilen SiO<sub>2</sub> ve ateşte kayıp değerleri ile jeomekanik özellikler arasındaki ilişkiler basit regresyon analizleri ile araştırılmıştır. Bunun sonucunda Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerin tane matris oranı ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasında düşük anlamlılıkta korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Ancak Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerin kimyasal analiz sonuçları ile jeomekanik özellikler arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir.

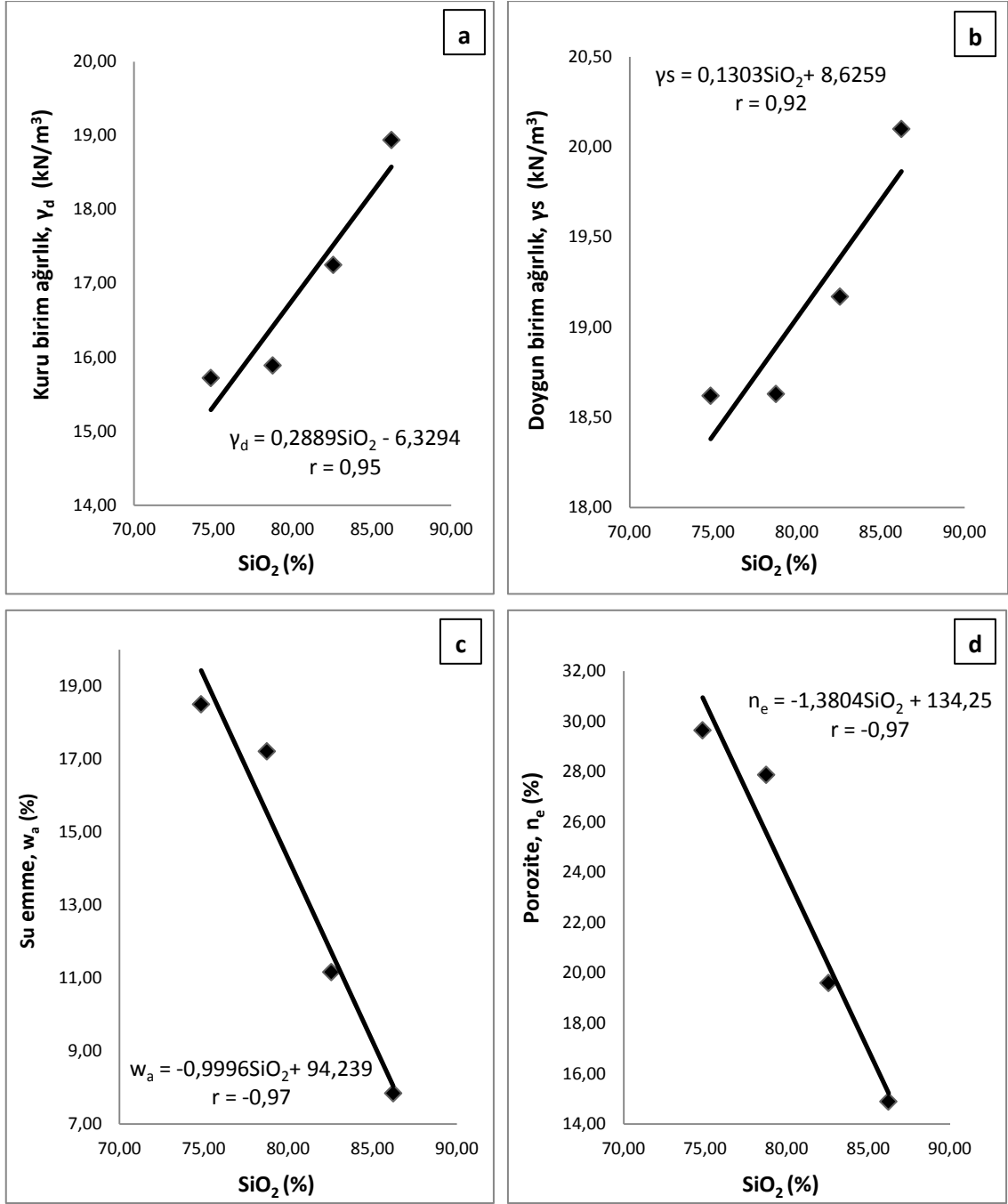
Hidrotermal alterasyon etkileri sonucu aşırı değişime uğramış KA2 örneği ayrışma dolayısıyla diğer örneklerden farklı davranışlar göstermektedir. Bu nedenle fizikomekanik özellikler ile petrografik özellikler arasındaki ilişkiyi olumsuz etkilediğinden dolayı korelasyonlara dahil edilmemiştir.

Kavak ignimbiritlerine ait örneklerin kimyasal analizlerinden elde edilen SiO<sub>2</sub> oranları ile jeomekanik özellikler arasında elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 4.2' de sunulmuştur.

**Çizelge 4.2.** Kavak İgnimbiritlerinin petrografik ve kimyasal özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

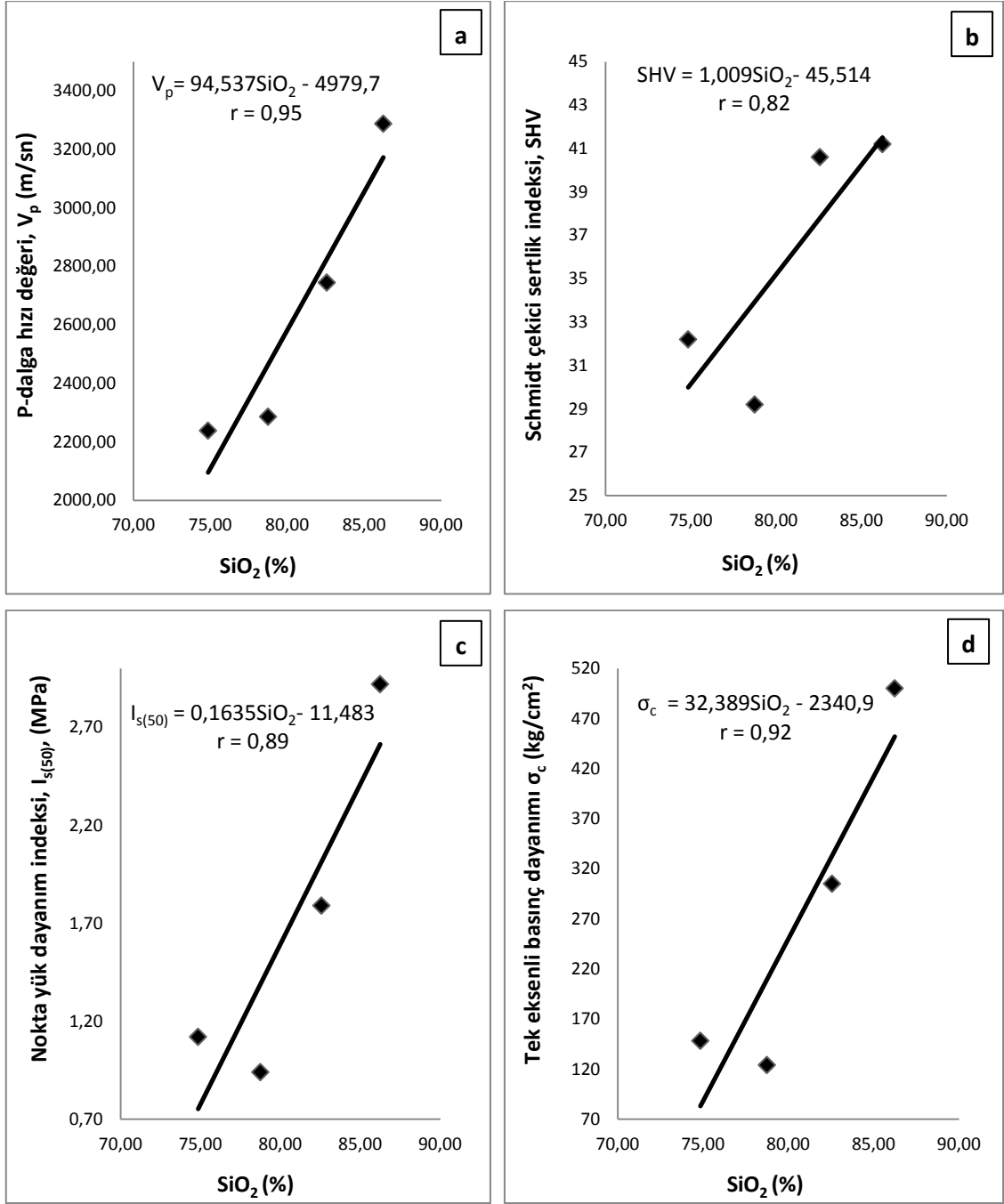
Özellik	$\gamma_a$	$\gamma_s$	$w_a$	$n_e$	$V_p$	SHV	$I_{s(50)}$	$\sigma_c$	$I_{d2}$	d	$C_1$
GMR	-0,41	-0,32	0,58	0,58	-0,42	-0,74	-0,35	-0,41	-0,66	0,76	0,45
SiO <sub>2</sub> (%)	0,95	0,92	-0,97	-0,97	0,95	0,82	0,89	0,92	0,76	-0,77	-0,75
Ateşte Kayıp (%)	-0,92	-0,93	0,87	0,88	-0,92	-0,90	-0,96	-0,95	-0,94	0,89	0,99

SiO<sub>2</sub> oranı ile kuru ve doymuş birim ağırlık, porozite ve su emme değerleri arasında yapılan analizlerin korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = 0,95$ ,  $r = 0,92$ ,  $r = -0,97$ ,  $r = -0,97$  olarak elde edilmiştir (Şekil 4.12).



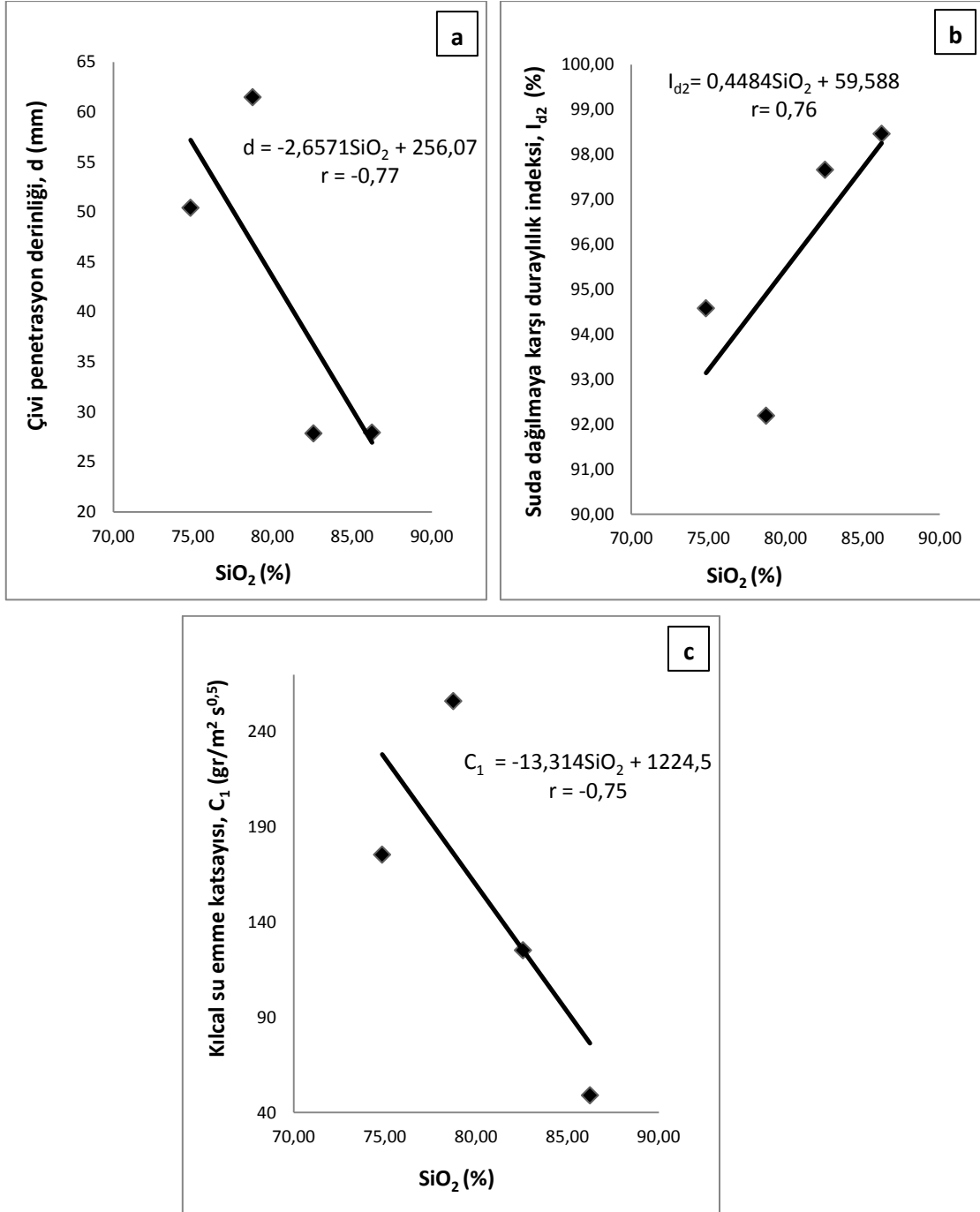
**Şekil 4.12.** SiO<sub>2</sub> oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doymun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki

SiO<sub>2</sub> oranı ile P-dalgı hızı, Schmidt çekici sertlik indeksi, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı ve çivi penetrasyon derinliği arasındaki analizlerden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = 0,95$ ,  $r = 0,82$ ,  $r = 0,89$ ,  $r = -0,92$ ,  $r = -0,77$  olarak bulunmuştur (Şekil 4.13).



**Şekil 4.13.** SiO<sub>2</sub> oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

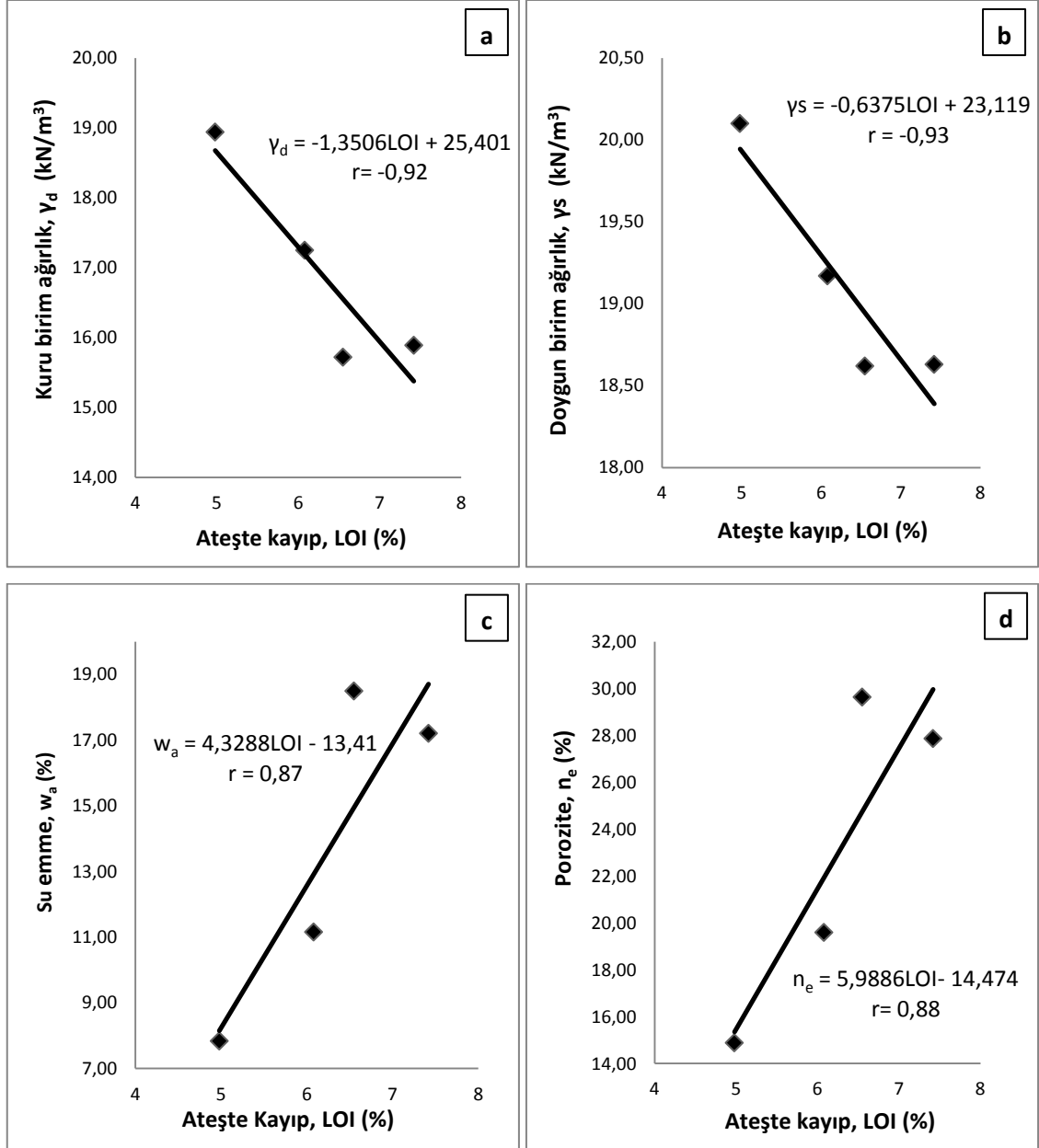
SiO<sub>2</sub> oranı ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi arasında ise korelasyon katsayısı  $r = 0,76$  olan ters bir ilişki elde edilmiştir. SiO<sub>2</sub> oranı ile kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı  $r = -0,75$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.14).



**Şekil 4.14.** SiO<sub>2</sub> oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki

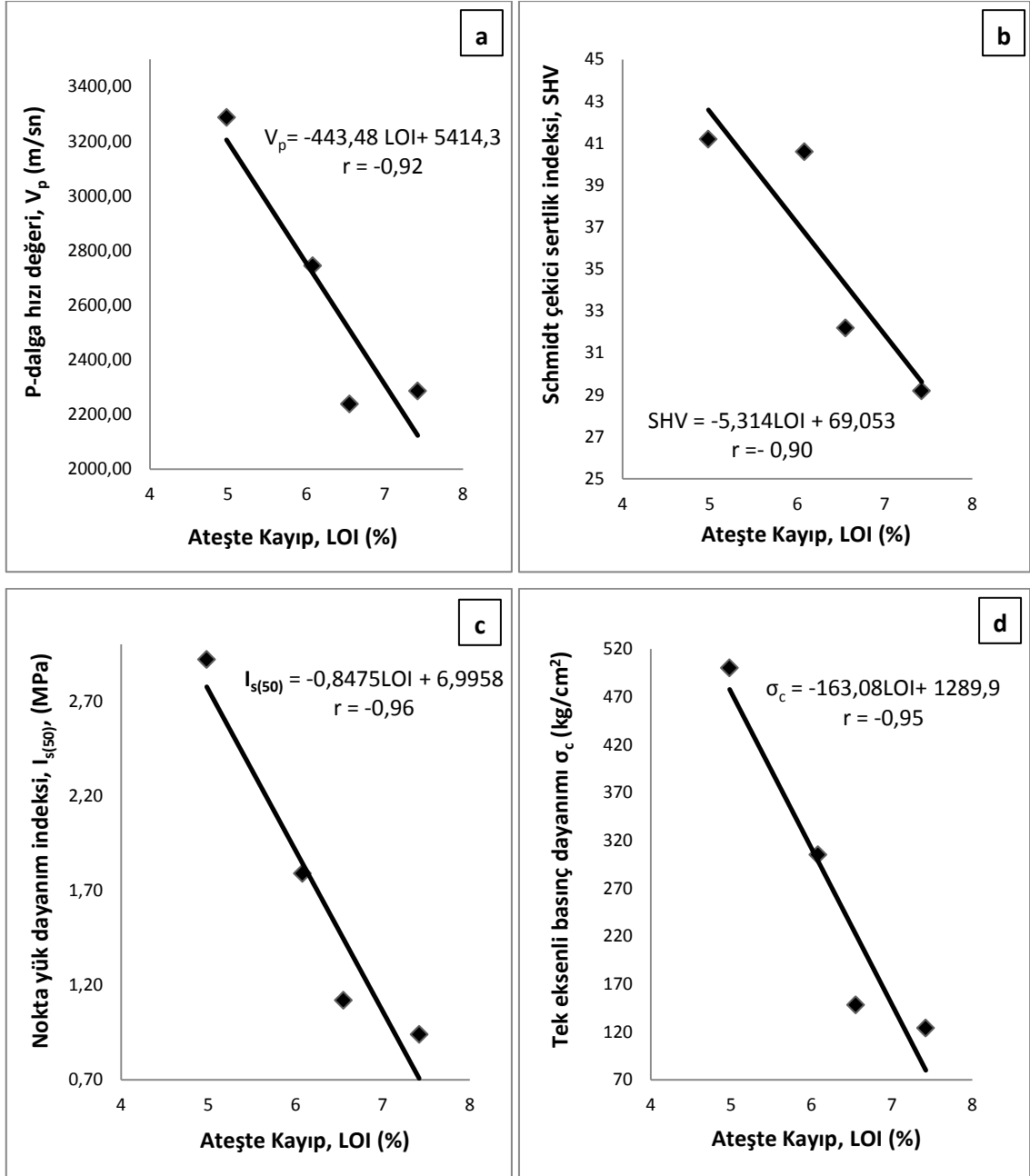
Kavak İgnimbitlerine ait örneklerin kimyasal analizlerinden elde edilen ateşte kayıp oranları ile jeomekanik özellikler arasında elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 4.2 'de sunulmuştur.

Ateşte kayıp oranı ile kuru ve doymun birim ağırlık, porozite ve su emme değerleri arasında yapılan analizlerin korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = -0,92$ ,  $r = -0,93$ ,  $r = 0,87$ ,  $r = 0,88$  olarak elde edilmiştir (Şekil 4.15).



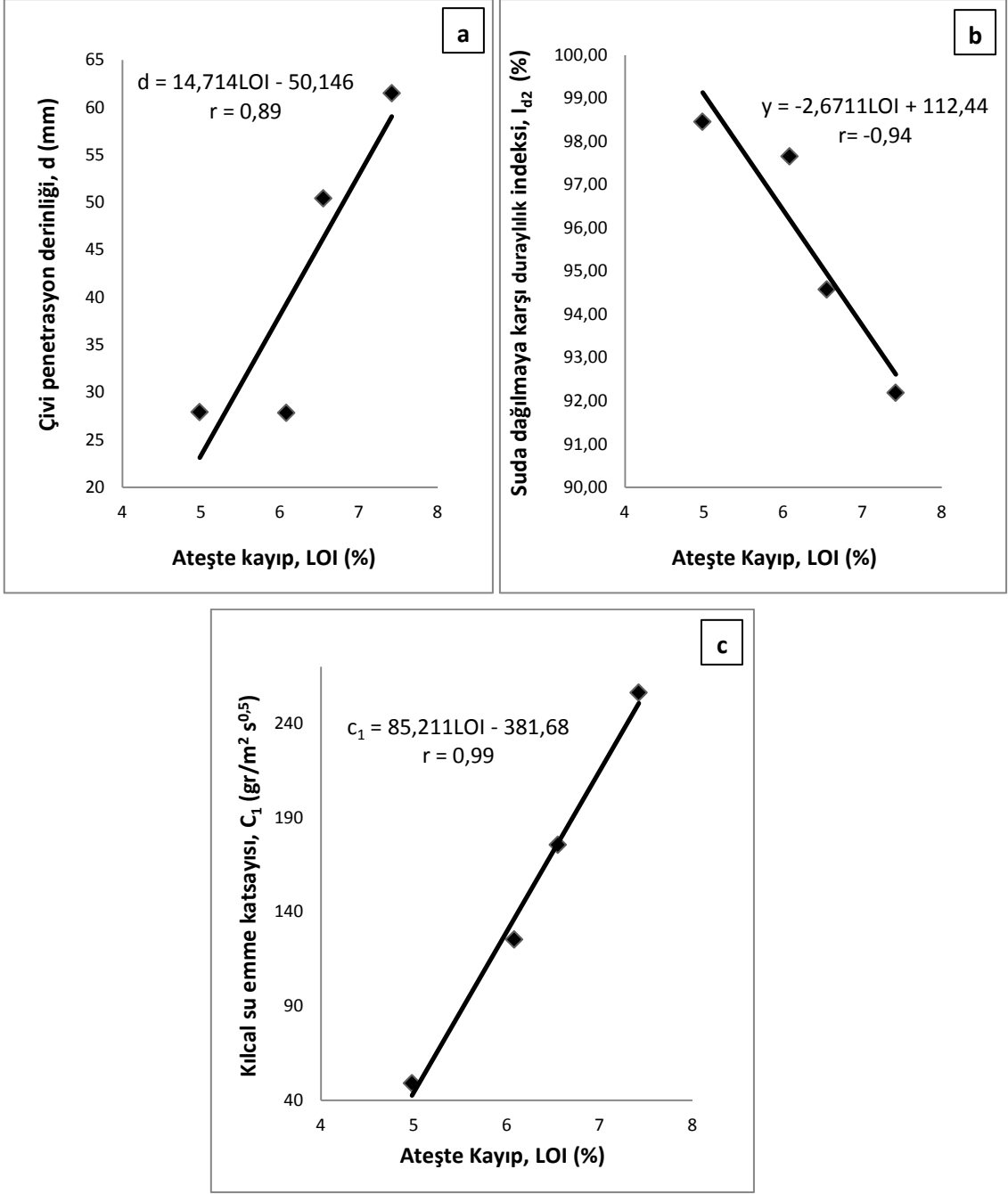
**Şekil 4.15.** Ateşte kayıp oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doymun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki

Ateşte kayıp oranı ile P-dalga hızı, Schmidt çekici sertlik indeksi, nokta yük dayanım indeksi, tek eksenli basınç dayanımı ve çivi penetrasyon derinliği arasındaki analizlerden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = 0,95$ ,  $r = 0,82$ ,  $r = 0,89$ ,  $r = -0,92$ ,  $r = -0,77$  olarak bulunmuştur (Şekil 4.16).



**Şekil 4.16.** Ateşte kayıp oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi c) Nokta yük dayanım indeksi d) Tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

Ateşte kayıp oranı ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi arasındaki analizlerden elde edilen korelasyon katsayısı  $r = -0,94$  olan ters bir ilişki elde edilmiştir. Ateşte kayıp oranı ile kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişkiye ait korelasyon katsayısı  $r = 0,99$  olan doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.17).



**Şekil 4.17.** Ateşte kayıp oranı ile a) Çivi penetrasyon derinliği b) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi c) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda Kavak İgnimbitlerine ait SiO<sub>2</sub> içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca ateşte kayıp oranı düşük olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek değerler aldıkları belirlenmiştir.

### 4.3 Melendiz Tüflerine Ait Örneklerin Petrografik Özellikleri İle Jeomekanik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Melendiz Tüflerine ait örneklerden modal analiz sonucunda elde edilen tane matriks oranı, matriks oranı ve düzensiz boşluk oranı ile jeomekanik özellikler arasındaki ilişkiler basit regresyon analizleri ile incelenmiştir. Örneklerin tane matriks oranları ile suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi hariç jeomekanik özelliklerle anlamlı ilişkiler elde edilememiştir. Matriks oranı ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkiler anlamlı değilken, mekanik özellikler ile arasında anlamlı sayılabilecek ilişkiler elde edilmiştir. Düzensiz boşlukların oranıyla özellikle fiziksel özellikler arasında anlamlı ilişkiler elde edilirken, mekanik özelliklerden ancak bazıları arasında anlamlı olabilecek ilişkiler saptanmıştır. Petrografik özellikler ile jeomekanik özellikler arasında yapılan regresyon analizlerinden elde edilen korelasyon katsayıları Çizelge 4.3 ' de sunulmuştur.

Hidrotermal alterasyona fazlaca maruz kalmış M4 örneği diğer örneklerle göre farklı davranış gösterdiğinden istatistiksel analizlerde değerlendirmeye alınmamıştır.

**Çizelge 4.3.** Melendiz Tüflerine bazı petrografik özellikler ile jeomekanik özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

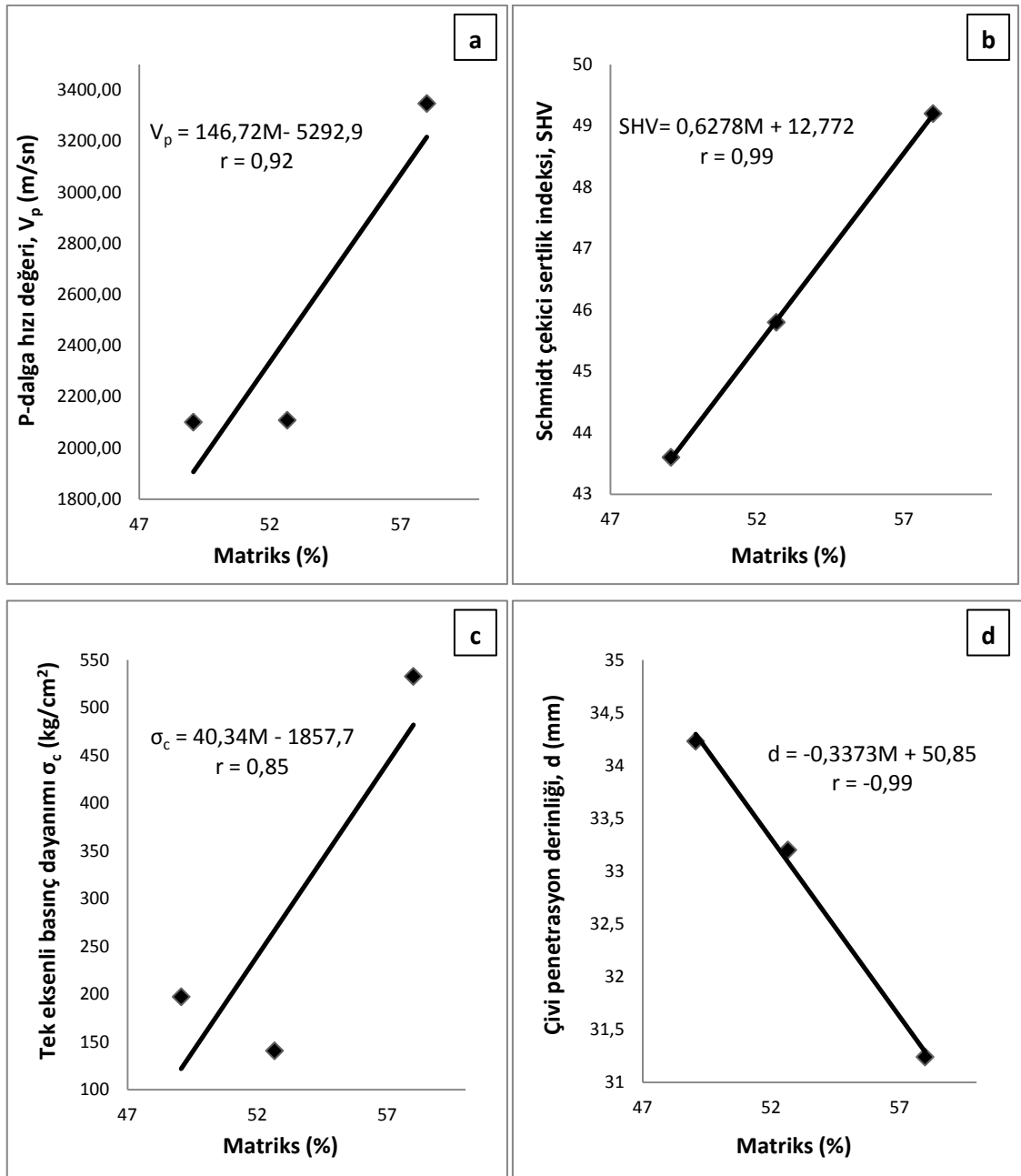
Özellik	$\gamma_a$	$\gamma_s$	$w_a$	$n_e$	$V_p$	SHV	$I_{s(50)}$	$\sigma_c$	$I_{d2}$	d	$C_1$
<b>GMR</b>	0,55	0,52	-0,63	-0,58	0,14	0,52	0,26	0,01	0,97	-0,47	-0,57
<b>Matriks (%)</b>	0,41	0,44	-0,32	-0,35	0,92	0,99	0,68	0,85	0,32	-0,99	-0,37
<b>Boşluk (%)</b>	-0,99	-0,98	0,99	0,99	-0,65	-0,30	-0,91	-0,75	-0,81	0,35	0,99

Melendiz Tüflerine ait örneklerin petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasından elde edilmiş korelasyonlardan anlamlı ilişkilere ait bazıları aşağıda grafikler halinde sunulmuştur.

Litik tüf karakterindeki örneklerin matriks oranları ile mekanik özellikleri arasında anlamlı sayılabilecek ilişkiler elde edilmiştir. Matriks oranı ile P dalga hızı arasındaki  $r = 0,92$  olan bir korelasyon katsayısı elde edilirken, Schmidt çekici sertlik indeksi ile  $r = 0,99$  olan bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Matriks oranı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı  $r = 0,85$  bulunmuştur. Matriks oranı

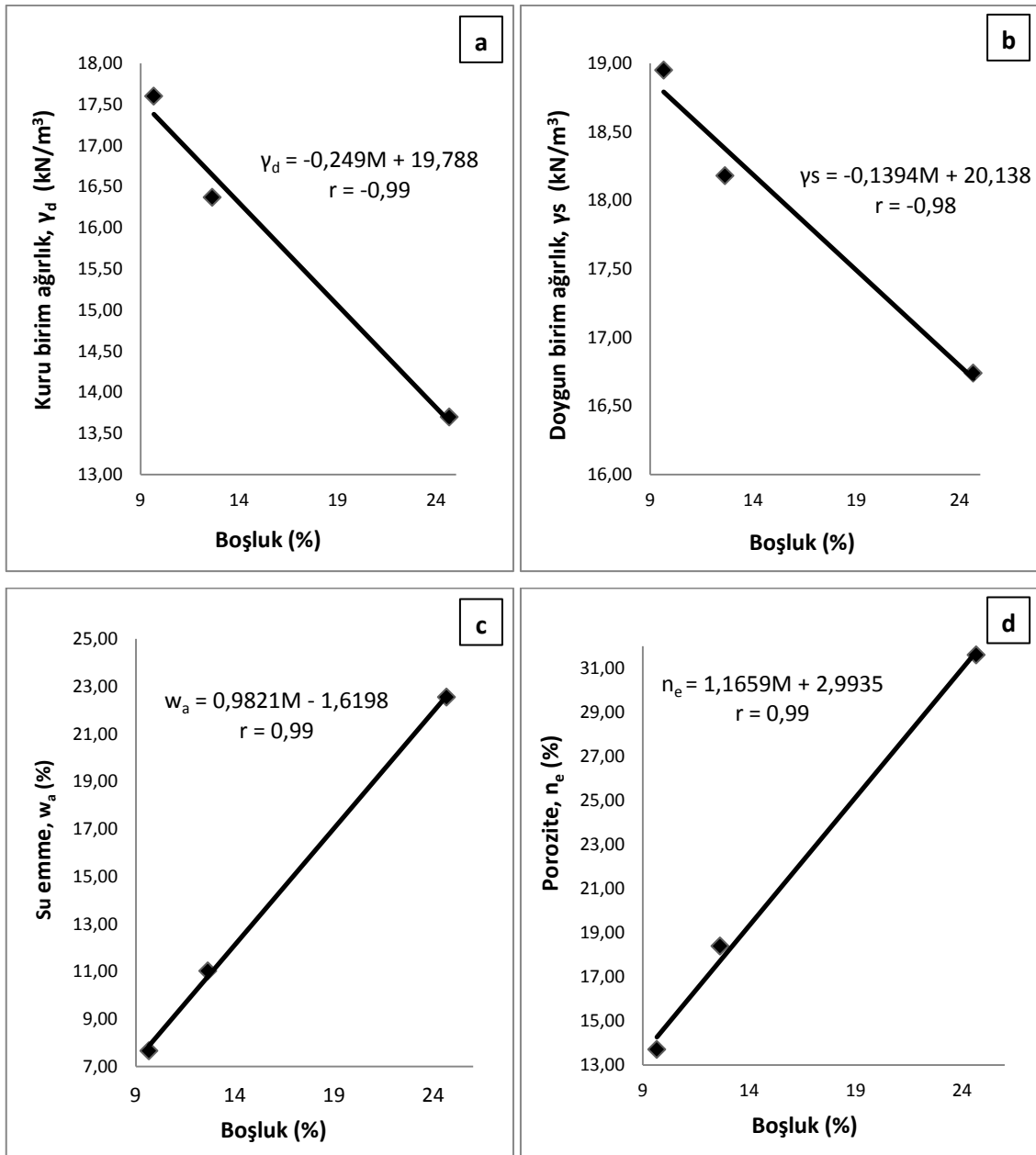
ile çivi penetrasyon derinliği arasında  $r = 0,99$  korelasyon katsayısına sahip olan bir ters ilişki elde edilmiştir (Şekil 4.18).

Söz konusu ilişkilere göre Melendiz Tüflerine ait örneklerin mekanik özelliklerinin matriks oranı ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür. Özellikle matriks oranı yüksek ince taneli, iyi kenetlenmiş örneklerin dayanım özelliklerinin de yüksek olduğu gözlenmiştir.



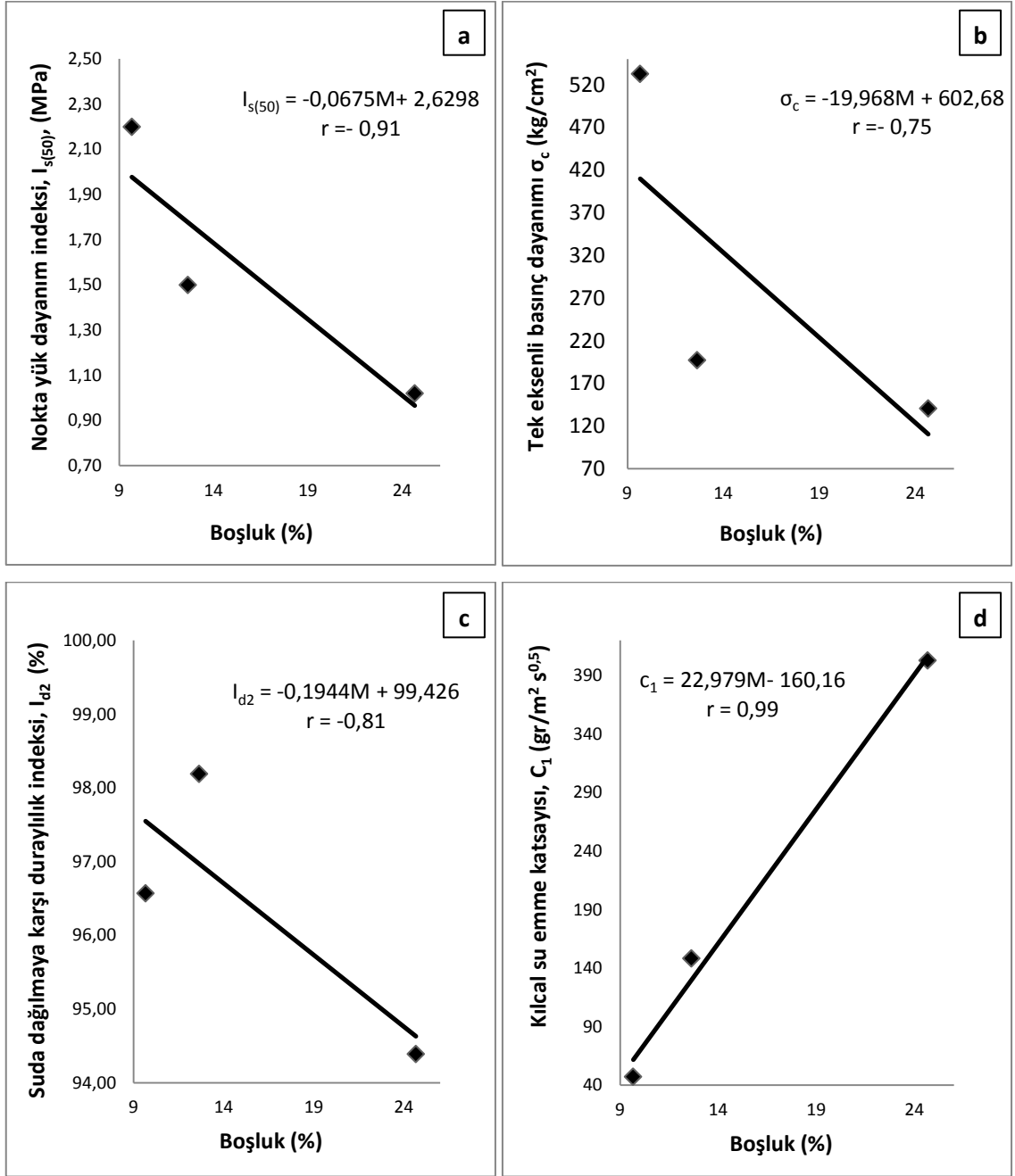
**Şekil 4.18.** Matriks oranı ile a) P dalga hızı b) Schmidt çekici sertlik indeksi ile c) Tek eksenli basınç dayanımı d) Çivi Penetrasyon derinliği arasındaki ilişki

Melendiz Tüflerine ait örneklerin düzensiz boşluk oranı ile kuru ve doygun birim ağırlık, porozite ve su emme değerleri arasında korelasyon katsayıları sırasıyla  $r = -0,99$ ,  $r = -0,98$ ,  $r = 0,99$ ,  $r = 0,99$  olan ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.19). Boşluk oranı arttıkça birim ağırlıklar azalmakta, porozite ve su emme artmaktadır. Düzensiz boşluklar ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkinin anlamlı olmasının nedeninin modal analizlerden elde edilen boşluk oranının çoğunlukla birbirine bağlı boşlukları kapsamaması olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.19.** Boşluk oranı ile a) Kuru birim ağırlık b) Doygun birim ağırlık c) Su emme d) Porozite arasındaki ilişki

Melendiz Tüflerine ait örneklerin düzensiz boşlukları azaldıkça mekanik özelliklerinin de arttığı gözlenmiştir. Ayrıca boşluk oranı azaldıkça suda dağılmaya karşı duraylılık artmakta, kılcal su emme değeri azalmaktadır (Şekil 4.20). Boşluk oranının azalması kayacın taneleri arası dokanakların fazla ve paketlenmenin iyi olduğunun bir göstergesi olduğu düşünülmekte bunun da örneklerin fizikomekanik özelliklerini arttırdığını düşündürmektedir.



**Şekil 4.20.** Boşluk oranı ile c) Nokta yük dayanım indeksi b) Tek eksenli basınç dayanımı c) Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi d) Kılcal su emme katsayısı arasındaki ilişki

## **4.4 Kayaçların Direncine Etkiyen Faktörler**

### **4.4.1 Bileşim ve doku**

Kayaçlar içindeki elemanların ya da kristallerin büyüklüğü, biçimi, dizilişi direncini etkilemektedir (Erguvanlı, 1975). İncelenen örneklerde Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerinde kaynaşma oranı yüksek örneklerin kaynaşma oranı düşük olan örneklerle göre matriks elemanlarının biribiri ile dokanakları fazla ve dizilişleri daha homojen olup, bu özelliğin de basınç direncini arttırdığını düşündürmektedir. Kavak İgnimbiritleri iyi kaynaşma özelliği göstermemesine rağmen hidrotermal alterasyondan dolayı dayanım özelliklerini dokusal özellikleri değil, kimyasal bileşimin kontrol ettiği düşünülmektedir. Melendiz tüflerinde ise matriks oranı fazla, ince taneli ve taneleri arası dokanağı fazla olan örneklerin basınç dayanımının yüksek olduğu söylenebilmektedir.

### **4.4.2 Kristallenme ve çimentolanma derecesi ve çimentonun türü**

Çimentonun boşlukları az veya çok doldurması, kompakt ve boşluklu bir kayacın meydana gelmesine neden olmaktadır. Taneleri birbirine bağlayan çimentonun türü; silis, kalker, kil, dolomit, demir oksit vb. olabilir. Bunlar da basınç direncine etki etmektedir (Erguvanlı, 1975). Özellikle Kavak İgnimbiritlerinde hidrotermal alterasyon sonucu silisleşmiş örneklerin basınç direncinin, demiroksitçe zenginleşen örneklerle göre basınç direncinin göre daha fazla olduğu görülmüştür. Melendiz tüflerinde ise matriks oranı yüksek, dolayısıyla boşlukları az olan örneklerin basınç direncinin nispeten daha fazla olduğu gözlenmiştir. Kızılkaya İgnimbiritlerinde ise kaynaşma derecesi arttıkça çimentolanma derecesinin de arttığı görülmüştür. Ayrıca Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerine ait kaynaşma özellikleri farklı olan K10, K11, G1 örnekleri hariç fenokristal oranı nispeten fazla olan örneklerin basınç dirençlerinin de fazla olduğu belirlenmiştir.

### **4.4.3 Kenetlenme derecesi**

Kayaç içindeki kristallerin ve diğer elemanların birbirine bağlanması basınç direncini direkt olarak etkilemektedir (Erguvanlı, 1975). Özellikle ignimbiritlerin mekanik

davranışlarını etkileyen birincil faktör matrisin yapısı olduğu kabul edilmektedir. Özellikle basınç direnci ve suya karşı duraylılık indeksini matristeki elemanların kenetlenme derecesi ve aralarındaki dokanakların miktarı etkilemektedir (Moon, 1993b). Özellikle Kızılkaya İgnimbiritlerinde matriste bulunan cam parçaları iyi kenetlenmiş yani kaynaşma oranı yüksek örneklerin basınç direncinin yüksek, matristeki elemanları iyi kenetlenmemiş, boşluk oranı fazla olan yani kaynaşma oranı düşük örneklerin ise basınç direncinin düşük olduğu gözlenmiştir. Melendiz Tüflerinde ise matris oranı fazla, litik tanelerin ince ve dokanaklarının fazla olduğu, iyi kenetlenmiş örneklerin basınç dayanımlarının yüksek değerler aldıkları belirlenmiştir.

#### **4.4.4 Süreksizlik düzlemleri**

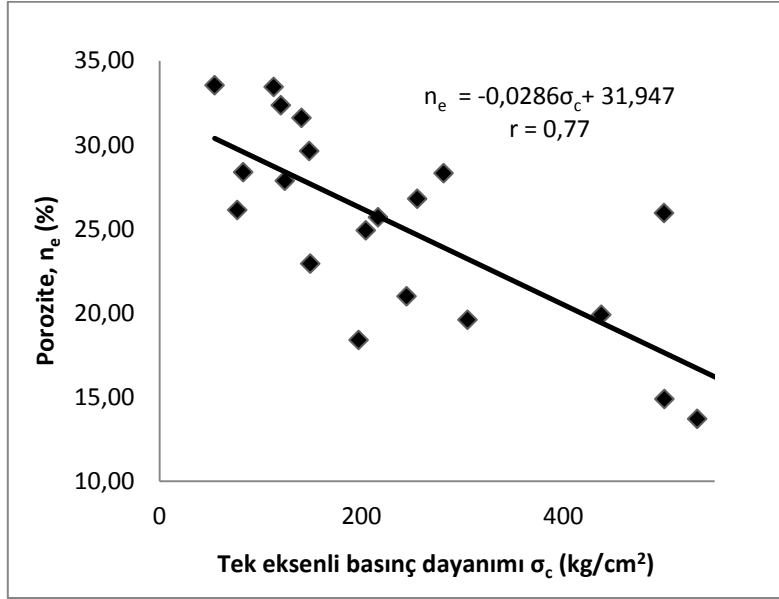
Kayaçalarda tabakalaşma, laminasyon, şistiyet, akma yapıları, mikrofissur, fissur, çatlak, kırık ve faylar basınç direncine direkt olarak etki yapmaktadır. Taşlar üzerinde süreksizliğe dik ve paralel doğrultuda yapılan tek eksenli basınç direnci deneyleri farklı sonuçlar vermektedir (Ergüvanlı, 1975). İncelenen Kapadokya yöresi piroklastiklerinin birçoğunda akma yapıları gözlenmiştir. Akma düzlemlerine dik ve paralel yapılan basınç direnci deneylerinde nispeten farklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada bu konuya yönelik araştırmalar yapılmamıştır.

#### **4.4.5 Porozite**

Yapılan araştırmalarda; porozitenin artması sonucu, kayanın mukavemeti azalmakta ve kaya içinde farklı gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır (Tarhan, 1996).

Kapadokya yöresinde geniş yayılım özellikleri gösteren piroklastikler, genelde boşluklu bir yapı sunmaktadır. Bu durum piroklastiklerin oluşumu ve bileşimine bağlıdır. İncelenen Kızılkaya, Gördeles, Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerin porozite değerlerinin Moos-Quervain (1948) ve NBG (1985)'e göre sınıflandığında, “çok boşluklu - çok fazla boşluklu kaya” sınıfında yer aldığı görülmüştür. Örneklerin kendi

arasında değerlendirildiğinde porozitesi düşük olan örneklerin basınç direnci değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ile porozite değerleri arasındaki ilişki

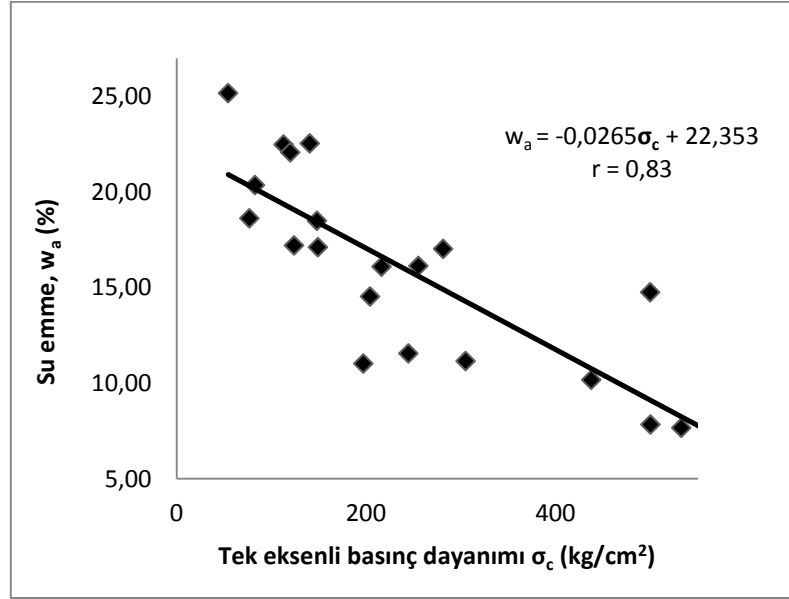
#### 4.4.6 Doygunluk derecesi

Kayalarda su emme değerleri arttıkça basınç direnci azalmaktadır (Erguvanlı, 1975). İncelenen piroklastiklerin genelde boşluklu yapıda olmasından dolayı ağırlıkça su emme değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Su emme değeri yüksek olan örneklerin basınç direnci değerlerinin de düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.22).

#### 4.4.7 Anizotropi

Taşların her tarafındaki özelliklerin aynı ya da farklı olması basınç direncini direkt olarak etkilemektedir (Erguvanlı, 1975). İncelenen ignimbiritlerde bu durum özellikle pomza tanelerinin sık ve/ veya iri olduğu örneklerde önem kazanmaktadır. İri pomza tanesi bulunan örnekler basınç altında o pomza tanesi boyunca süreksizlerin artmasına bağlı olarak kırılıp dayanım özelliklerinin düşük değerler almasına neden olduğu düşünülmüştür. Bu özellik litik tüf özelliği gösteren Melendiz Tüflerinde de önemlidir. Özellikle litik tanelerinin boyu eşit ve homojen olarak dağılmış örneklerin basınç direnci değerleri yüksek iken, litik tanelerin boyları farklı ve matriks içinde düzensiz

biçimde dağılmış olan örneklerin basınç direncinin daha düşük değerler aldığı gözlenmiştir.



**Şekil 4.22.** İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ile su emme değerleri arasındaki ilişki

#### 4.4.8 Kayacın ayrışma derecesi

Çalışma kapsamında araziden taze örnekler derlenmiştir. Ayrışmış örneklerin derlemesi yapılmadığından ayrışmanın bu kayaları nasıl etkilediğine yönelik yorumlar ancak arazi gözlemleri ile yapılmıştır. Ancak her ne kadar taze örnekler derlensede incelenen örneklerin ince kesitlerinin mikroskop altındaki incelemelerinde değişken ayrışma etkilerinin gözlemlendiği belirlenmiştir. İncelenen piroklastikler boşluklu ve yumuşak kaya özelliği gösterdiğinden, özellikle bölgede yapı taşı olarak kullanılan örneklerin suyla temas eden kısımlarında dökülme, patlama gibi kütleli ölçekte ayrışma etkilerinin varlığı gözlenmiştir.

## BÖLÜM V

### SONUÇLAR

Kapadokya yöresinde farklı renk ve dokusal özellikler sunan tuf ve ignimbiritlerin petrografik ve kimyasal bileşimlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla; Kızılkaya, Gördeles, Kavak İgnimbiritlerinden ve Melendiz Tüflerinden taze blok örnekler alınmıştır. Örnekler aktif olarak işletilen taş ocaklarından, eski taş ocaklarından ve yol yarmalarından derlenmiştir. Kızılkaya İgnimbiritlerinden farklı kaynaşma özelliklerine sahip 11 örnek, Gördeles İgnimbiritlerinden kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde 1 örnek, Kavak İgnimbiritlerinden farklı renk ve dokuda 5 örnek, Melendiz Tüflerinden ise farklı tane boyu ve oranlarında litik tüflerden 4 adet örnek derlenmiştir.

Çalışmaların yürütüldüğü Kızılkaya, Gördeles, Kavak İgnimbiritler ile Melendiz Tüflerine ait örneklerin kimyasal özelliklerini belirlemek amacı ile kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerle ait alanlardan derlenen taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizlerde ana element içerikleri saptanmıştır. Özellikle Kavak İgnimbiritlerine ait örneklerde kimyasal analiz sonuçları ile jeomekanik özellikler arasında önemli bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Buna göre, SiO<sub>2</sub> içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca ateşte kayıp oranı düşük olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek değerler aldıkları ortaya konmuştur.

Kızılkaya, Gördeles, Kavak İgnimbiritlerine ve Melendiz Tüflerine ait örnekler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde aynı birime ait farklı lokasyondaki örnekler arasındaki; fenokristal-matriks oranları, düzensiz boşluk oranları, mineral boyutları, doku, kayaç parçası oranları ile opak mineral oranları gibi özelliklerin değişimi incelenmiştir. Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerinin mikroskop altındaki genel görüntüsü plajioloklas, kuvars, biyotit mineralleri, cam parçaları ve kayaç parçalarının volkanik külden oluşan bir matriks içerisinde yer alması şeklinde olup, vitroklastik dokuda oldukları belirlenmiştir. Kaynaşma özellikleri de kaynaşmamış, orta derecede kaynaşmış ve kaynaşmış ignimbiritler örnekler olarak değişkenlik göstermektedir. Kavak İgnimbiritlerine ait değişik renk ve dokudaki örneklerin üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda örneklerin hepsinin kaynaşmamış ignimbirit

özelliğinde olduğu belirlenmiştir. İncelemelerde kayaçların bünyesinde plajiyoklas, biyotit, kuvars mineralleri, opak mineraller ve kayaç parçalarının olmasıyla beraber, ayrışmanın örneklerde oldukça etkin olduğu görülmüştür. Örnekler genel anlamda hipokristalin porfirik dokuludur. Melendiz tüflerine ait örneklerin petrografik incelemelerinde kayacın genel olarak plajiyoklas, biyotit opak mineraller ve fazla oranda kayaç parçalarından oluştuğu görülmüştür. Örnekler hipokristalin porfirik doku sunmaktadır.

İncelenen piroklastikler üzerinde yapılan birim ağırlık deneyleri sonucunda, kuru birim hacim ağırlık değerleri  $13,84 \text{ kN/m}^3$  ile  $19,30 \text{ kN/m}^3$  değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. NGB (1985) 'e göre yapılan değerlendirmeler sonucunda incelenen piroklastiklerin "çok düşük birim ağırlıklı kaya" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. İncelenen ignimbirit ve tüflerin doygun birim ağırlık değerleri ise  $15,53$  ile  $21,14 \text{ kN/m}^3$  arasında olup, NGB (1985) 'e göre "çok düşük birim ağırlıklı kaya" sınıfındadır. Su emme değerleri sonucunda ağırlıkça su emme değerleri % 8,48 ile 27,66 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Efektif porozite değerleri ise % 13,71 ile 33,55 arasında değişmektedir. İgnimbirit ve tüfler porozite değeri açısından Moos-Quervain (1948) ve NGB (1985)'e göre sınıflandığında, "çok boşluklu - çok fazla boşluklu kaya" sınıfında yer almaktadır. Örneklerin kendi orijinal oluşumunda dolayı yüksek boşluk ve su emme değerlerine sahiptirler.

İncelenen piroklastiklerin P-dalga hızı değerlerinin oldukça değişken olduğu görülmüştür. Örneklerin P-dalga hızı değerleri 1042,49 ile 3347,3 m/sn arasında değişmektedir. İncelenen örnekler, NGB (1985)'e göre "çok düşük - düşük sismik hıza sahip kaya" grubunda yer aldığı görülmüştür. Örneklerin nispeten düşük P-dalga hızı değerleri sunmasında kayanın dokusunun ve porozitenin yüksek olmasının etkin olduğu düşünülmektedir.

İncelenen ignimbirit ve tüflerin nokta yük dayanım değerleri 0,45 ile 2,95 MPa değerleri arasında değişmektedir. İncelenen örnekler, nokta yük dayanım değerleri bakımından Bieniawski (1975)'e göre "çok düşük - düşük - orta dirençli kaya" grubunda yer almaktadır. İncelenen piroklastiklerin Schmidt çekicinden elde edilen geri tepme değerleri 24,6 ile 49,4 arasında değişmektedir. İncelenen örneklerin Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri De Beer (1967)'ye göre sınıflandığında, "yumuşak -sert -

çok sert kaya” sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri 54,49 ile 574,23 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Örnekler, ISRM (1981)’e göre, “düşük - orta - yüksek dirençli” kaya, Deere ve Miller (1966)’e göre, “çok düşük- düşük - orta dirençli kaya ” sınıflarında yer almaktadır.

İgnimbiritlerin yapı malzemesi olabilme özelliklerinin değerlendirilmesi aşamasında suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi önemli bir parametredir (Moon, 1993). İncelenen ignimbirit ve tüflerin 2. çevrim sonucunda elde edilen suya karşı duraylılık değerleri % 91,11 ile 98,97 arasında değişmektedir. Örnekler 2 çevrim sonucunda suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Gamble (1971)’a göre “orta derecede yüksek, yüksek ve çok yüksek derecede duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır.

Çivi penetrasyon deneyi Kayabalı ve Selçuk (2010) tarafından tek eksenli basınç dayanımının dolaylı yöntemlerle belirlenmesinde ortaya çıkan zorlukların giderilmesi için özellikle zayıf ve çok zayıf kayalara uygulanmak üzere önerilmiş yeni bir yöntemdir. İncelenen örneklerin çivi penetrasyon derinlikleri 27,85 ile 61,67 mm arasında değişmiştir. Ayrıca yapılan değerlendirmelerde dayanımı yüksek örneklerden elde edilen çivi penetrasyon derinliklerinin düşük olduğu görülmüştür.

İncelenen örneklerin kapiler su emme potansiyellerini belirlemek amacıyla yapılan kapiller su emme deneyleri sonucunda 47,2 ile 815,7 gr/m<sup>2</sup> s<sup>0.5</sup> arasında değişen katsayılar elde edilmiştir. Genel olarak sert yapılı, boşluk oranı düşük olan örneklerin kılcal su emme katsayılarının düşük olduğu görülmüştür.

Petrografik, kimyasal ve fizikomekanik incelemeler sonucunda bu özellikler arasında varolabilen anlamlı ilişkiler aranmıştır. Kızılkaya İgnimbiritlerine ait örnekler üzerinde yapılan modal analizlerden elde edilen tane-matriks oranları, fenokristal oranı ve boşluk oranı ile jeomekanik özellikler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda tane matriks ve fenokristal oranı yüksek örneklerin dayanım özellikleri de yüksek iken, boşluk oranı yüksek olan örneklerin de dayanım değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Bu da dayanım özelliklerinin ignimbiritlerde kaynaşma özellikleri ile doğrudan bağlantılı olduğunu desteklemektedir. Kızılkaya ve Gördeles İgnimbiritlerinde özellikle matriksteki tanelerin iyi kenetlenmiş, boşluk oranının az, kaynaşmanın yüksek olduğu örneklerin dayanım özelliklerinin de yüksek olduğu

görülmüştür. Kavak İgnimbiritlerinde ise jeomekanik özellikleri etkileyen birincil faktörün örneklerin kimyasal özellikleri olduğu görülmüştür. Hidrotermal alterasyondan dolayı SiO<sub>2</sub> oranı yüksek olan örneklerin dayanım özelliklerinin de yüksek olduğu, ateşte kayıp oranının yüksek olduğu örneklerin dayanım özelliklerinin düşük olduğu gözlenmiştir. Melendiz tüflerine ait örneklerde ise matriks oranı yüksek, ince taneli, boşluk oranı az olan örneklerin dayanım özelliklerinin yüksek olduğu saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

Atabey, E., Göncüoğlu, M, C. ve Turhan, N., 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi KOZAN-J paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara,1990.

Aydan, Ö., Ulusay, R. and Yüzer, E., “Man-made structures in Cappadocia, Turkey and their implications in rock mechanics and rock engineering”, *ISRM News Journal*, 6 (1), 63-73. 1999.

Aydan, Ö. and Ulusay, R., “Geotechnical and geoenvironmental characteristics of man-made underground structures in Cappadocia” Turkey. *Engineering Geology*, 69, 245-272. 2003.

Aydan, Ö., Tano, H., Watanabe, H., Ulusay, R. ve Tuncay, E., “Kapadokya bölgesinde antik ve güncel kaya yapılarının kaya mekaniği açısından değerlendirilmesi”, *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, Niğde, Bildiriler Kitabı, 1-12, 17-20 Ekim 2007a.

Aydan, Ö., Tano, H., Ulusay, R., Kumsar, H. ve Yenipınar, H., “Derinkuyu yeraltı şehrinin uzun süreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma”, *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, Niğde, Bildiriler Kitabı, 24-34, 17-20 Ekim 2007b.

Batum, İ., “Nevşehir Güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin jeokimyası ve petrografisi”, *H.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, C.4, Sayı 1-2, S. 27-34, 1978.

Beekman, P.H., The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region, *MTA Bull.*, Vol. 66, 99-106, 1966.

Besang, C., Eckhardt, F, J., Harre, W., Kreuzer, H. und Müller, P., “Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei”, *Geol.Jb.* B 25, 3-36, 1977.

Bieniawski ZT., “The Point Load Test in Geotechnical Practice”, *Eng. Geol.*, Sept., pp. 1-11, 1975.

Chaput, E., Voyages d'etudes geologiques et geomorphologiques en Turkei, *Mem Ins Francais d'Archeol Stanboul*, 2, 312 s., Paris, 1936.

De Beer, J.H., "Subjective classification of the hardness of rocks and the associated shear strength", *Proc. 4th Reg. Cong. Afr. Soil Mech, Found Engineering*, 396-398, Capctawn, 1967.

De Witte, E., Terfve, A., Koestler, R.J. and Charola, A.E., "Conservation of the Göreme rock: preliminary investigations", *Proc. 6th. Int. Cong. on Deterioration and Conservation of Stone*, Torun, Poland, pp. 346 355, 1988.

Deere, D.U. and Miller, R.P., Engineering classification and index properties for intact rock. *Technical Report No. AFWL-TR-65-116, Air Force Weapons Lab.*, Kirtland Air force Base, 308 pp, 1966.

Dönmez, M., Türkecan A. ve Akçay, A.E., Kayseri-Niğde-Nevşehir Yöresi Tersiyer Volkanitleri, *M.T.A Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdlere Dairesi Başkanlığı, Ankara, Derleme No: 10575*, 2003.

Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Selvi, Y., Ölmez, M., Matsuda, J. I., Ul, T., Yıldırım, T. ve Akbaşı, A., "Hasandağ-Karacadağ (Orta Anadolu), dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi", *Jeomorfoloji Dergisi*, 18, 39-54, 1990.

Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J., Ul, T., Notsu, K. and Fujitani, T., "New geochemical isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia)", *TJK Bülteni*, 7, 8-21, 1992.

Ercan, T., Yıldırım, T. ve Akbaşı, A., "Gelveri (Niğde)- Kızılçin (Nevşehir) arasındaki, volkanizmanın özellikleri", *Jeomorfoloji Derg.*, 15, 27-36, 1987.

Erdoğan, M., "Nevşehir-Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması", *İ.T.Ü. Maden Fak.*, Doktora Tezi, 100 s, 1986. (yayımlanmamış).

Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi. *İTÜ Gümüşsuyu Matbaası*, İstanbul, 590 s, 1975.

Erguvanlı, A.K. and Yüzer, A.E., “Past and present use of underground openings excavated in volcanic tufts at Cappadocia area”, *Proc. on Rock Storage*, Oslo, Norway, pp. 15-17, 1977.

Ergüler, Z. A., “Field-Based Experimental Determination Of The Weathering Rates Of The Cappadocian Tuffs”, *Engineering Geology* 105 (3–4): 186–199, 2009.

Gamble, J. C., Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks, Ph.D Thesis, *University of Illinois*, 1971.

Goodman, R. E., Introduction to Rock Mechanics. 2nd Edition, *John Wiley & Sons*, New York, 562 pp, 1989.

Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. and Sönmez, H., “Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of the number of drying and wetting cycles”, *Engineering Geology*, 57 (3-4), 215-237, 2000.

Göncüoğlu, M.C. and Toprak, V., “Neogene and Quaternary volcanism of central Anatolia: a volcano-structural evolution”, *Bulletin de la Section de Volcanologie*, So. Geol. France, 26, 1-6., 1992.

Güleç, N., Toprak, V. and Arcasoy, A., “Evaluation of Melendiz Volcanic Complex using remote sensing and geographic information systems”, *ODTU-AFP: 97-03-09-02*, 84 s., 1997.

Hamilton, W. J., Researches in Asia Minor, Pontus and Armenia: Londra, 2, 1842.

Kahraman, S., Fener, M. and Günaydın, O., “Predicting the Schmidt hammer values of in-situ intact rock from core sample values”, *Int. J. Rock mech. and Mining Sci.*, 39, 395-399, 2002.

Kayabalı K. ve Selçuk L., “Nail penetration test for determining the uniaxial compressive strength of rock”, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 47, 265–271, 2010.

Korkanç M., Niğde yöresi bazaltlarının alternatif agrega olarak değerlendirilmesi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 226 s., 2004. (yayınlanmamış).

Korkanç, M., “İgnimbiritlerin jeomekanik özelliklerinin yapı taşı olarak kullanımına etkisi: Nevşehir Taşı”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı 66, Cilt 31 (1), 40-49, 2007.

Ioanna I., Dimitrios R., Theodora P. and Paris T., “Geotechnical and mineralogical properties of weak rocks from Central Greece”, *Cent. Eur. J. Geosci*, 1(4), 431-442, 2009.

Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F. and Villari, L., “The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia; geochronological data on Kayseri-Niğde area”, *Geol. Mag.* 112 (4), 349-360, 1975.

Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Poli, G., Neogene and Quaternary volcanism in Anatolia and North-Western Iran, In: Andesite, Ed: Thorpe, *John Willey and Sons*, 327-349, 1982.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), Rock characterization, testing and monitoring. ISRM Suggested methods. E.T. Brown (ed.), *Pergamon Press*, 211 pp., 1981.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. In: R. Ulusay and J.A. Hudson (Eds.), Suggested Methods prepared by the Commission on Testing Methods, *International Society for Rock Mechanics. ISRM Turkish National Group*, Ankara, Turkey. 628 pp. 2007.

Johnson, R., Elementary Statistics, Duxbury Pres, Boston, *MA*, pp. 86-106, 1984.

Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, Temel, A., Camus, G. and Gourgaud, A., “Neogene ignimbrites of the Nevsehir plateau (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints”, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **63**, 59–87. 1994.

Le Pennec J.L, Temel, A., Froger, J.L., Sen, S., Gourgaud, A. and Bourdier, J.L., “Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data”, *Journal of Volcanology And Geothermal Research*, 141 (1-2), 45-64, 2005.

Lepetit, P., Viereck-Goette, L., Schumacher, R., Schumacher, U. M. and Abratis, M., “Parameters controlling the density of welded ignimbrites- A case study om the Incesu Ignimbrite Cappadocia, Central Anatolia”, *Chemie der Erde/ Geochemistry*, 69, 341-357, 2009.

McNally, G.H., Soil and rock construction materials. *E and FN Spon*, Firts published, London and New York, 403 pp., 1998.

Moon, V.G., “Geotechnical characteristics of ignimbrite: A soft pyroclastic rock type”, *Eng. Geol.*, 35(1/2): 33-48, 1993a.

Moon, V.G., “Microstructural controls on the geomechanical behaviour of ignimbrite”, *Eng. Geol.*, 35(1/2): 19-31, 1993b.

Moos, A. V. and Quarvam, F, De., 1948. Technische Gesteinkunde, S.8-11,52-53 Birkhauser Basel.

NBG (Norwegian Group for Rock Mechanics), Engineering Geology and Rock Engineering, Handbook No 2, 249 pp. 1985.

Nickmann, M., Spaun, G. and Thuro, K., “Engineering geological classification of weak rocks”, Engineering geology for tomorrow’s cities, *The 10th IAEG International Congress*, Nottingham, United Kingdom, IAEG2006 Paper number: 492, pp. 1-9, 6-10 September 2006.

Pasquare, G., “Outlines of the Neogene and Quaternary volcanism of Asia Minor”, *Accad. Naz. Dei Linc.*, 40, 1077-1085, 1966.

Pasquare, G., “Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia”, *Memorie: Roma, Accademia Nazionale Dei Lincei*, 55-204, 1968.

Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L. and Zanchi, A., “Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia”, Turkey, *Tectonophysics* 146, 217–230, 1988.

Postacıoğlu, B., Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton. Cilt 1-2, *Teknik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul, 404 s., 1987.

Schmid, R., Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: *Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Geology*. The Geological Society of America. Boulder. Vol. 9, p. 41-43, 1981.

Schumacher, R., Keller, J. and Bayhan, H., “Depositional characteristics of ignimbrites in Cappadocia, Central Anatolia”, Turkey., *Proc. Int. Earth Sci. Congr. on Aegean Regions*, IESCA, 2: 435-449, 1990.

Schumacher, R., Schumacher, U. M. and Koberski, U., “Petrographical and geochemical aspect and K/Ar dating of ignimbrites of Cappadocia”, Turkey, *Abstracts of the 8th Congress of the geo. Soc.* Athens, 1992.

Schumacher, U. M. and Schumacher, R., “Problems in stratigraphic correlation and new K–Ar data for ignimbrites from Cappadocia”, Central Turkey. *International Geology Review* 38, 737–746, 1996.

Schumacher, R. and Schumacher, U. M., “The Kızılıkaya Ignimbrite- an unusual low aspect- ratio ignimbrite from Cappadocia, Central Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 70., 107-121, 1996.

Tchihatcheff, P., 1867. *Asie mineure*, IV, Geologie I, Paris.

Tahran, F., Mühendislik jeoloji prensipleri, KTÜ. *Mühendislik-Mimarlık Fakültesi yayını*, No:41, Trabzon, 1996.

Temel, A., Kapadokya eksplosif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri, *Hacettepe Üniversitesi Doktora Tezi*, 1992. (Yayınlanmamış)

Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A. and Le Pennec, J.L., “Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry”, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85, 447–471, 1998.

Temel A., Kapadokya yöresi volkanizması, *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, Niğde, Bildiriler Kitabı, 190-191, 17-20 Ekim 2007

Tokel, S., Ercan, T., Akbaşlı, A., Yıldırım, T., Fişekçi, A., Selvi, Y., Ölmez, M. and Can, B., “Neogene tholeiitic province of Central Anatolia; Implication for magma genesis and Post-Collision Lithospheric Dynamics”, *Metu Jour. Pure Appl. Scien.*, 21/1-3, 461-477, 1988.

Tomašić, I., Lukić D., Peček N., and Kršinić A., “Dynamics of capillary water absorption in natural stone”, *Bull Eng Geol Environ*, 70:673–680, 2011.

Topal, T., Formation and deterioration of fairy chimneys of the Kavak tuff in Ürgüp-Göreme area (Nevşehir-Turkey). PhD Thesis, *METU*, Ankara, 250 p., 1995. (Unpublished).

Topal, T. and Doyuran, V., “Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff”, *Engineering Geology*, 47, 175-187, 1997.

Toprak, V. and Göncüoğlu, M. C., “Tectonic control on the development of the Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province”, Turkey, *Geological Journal*, 28, 357-369, 1993.

Tromp, S.W., 1942. Niğde-İncesu-Kızılırmak ve Tuzgölü sahaları arasında jeolojik etüd, **MTA rapor No: 1456**.

Tuğrul A. and Zarif I.H., “Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey”, **Engineering Geology**, 51, 303–317, 1999.

Türkecan, A., Akçay, A. E., Satır, M., Dönmez, M. ve Ercan, T., “Melendiz Dağları (Niğde) volkanizması”, **56. Türkiye Jeoloji Kurultayı**, Bildiri Özleri Kitabı, 16-17., 2003.

Türkdönmez, O. and Bozcu M., “The Geological, Petrographical and Engineering Properties of Rhyolitic Tuffs (Çan Stone) in Çan-Etili Area (Çanakkale)”, NW Turkey: Their Usage as Building and Covering Stones, **Open Journal of Geology**, 2, 25-33, 2012.

TS EN 1925, Doğal Taşlar- Deney Metotları- Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2000.

Ulusay, R., Akagi, T., Ito, T., Seiki, T., Yüzer, E. and Aydan, Ö., “Long term mechanical characteristics of Cappadocia tuff”, **Proceedings of the 9<sup>th</sup> ISRM International Congress**, G.Vouille and P. Berest (eds.), Paris, France, A.A. Balkema, 687-690, 1999.

Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Topal, T., Sönmez, H., Tuncay, E., Ergüler, Z.A. and Kaşmer, Ö., “Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia)”, Turkey. **Environmental Geology**, 50, 473-494, 2006.

Ulusay, R. ve Aydan, Ö., “Kapadokya bölgesinde bazı yeraltı açıklıklarındaki tüflerin kaya mühendisliği açısından değerlendirilmesi”, **Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu**, Niğde, Bildiriler Kitabı, 13-23, 17-20 Ekim 2007.

Ulusay, R., Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, **TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları** :38, 2010

Viereck-Goette, L., Lepetit, P., Gürel, A., Ganskow, G., Çopuroğlu, İ. and Abratis, M., “Revised volcanostratigraphy of the Upper Miocene to Lower Pliocene Ürgüp Formation, Central Anatolian volcanic areas”, *Geological Society of America Special Paper* 464, 85-112, 2010.

Westerveld, J., “Phases of Neogene and Quaternary volcanism in Asia Minor”, *Cong. Geol. Inter.*, XX Sec. 1, Meksika, 1956.

## ÖZ GEÇMİŞ

Burak SOLAK, 28.11.1987 tarihinde İzmir’de doğdu. İlk orta ve lise öğretimini İzmir’de tamamladı. Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı’nda Yüksek Lisans’a başladı. Yüksek Lisans öğrenimini 2012 yılında tamamlamaya hak kazanmıştır.

## TEZ ÇALIŞMASINDAN ÜRETİLEN ESERLER

Bu tez çalışmasından, 1 (bir) adet ulusal bildiri üretilmiştir.

Solak, B. ve Korkanç M., “Farklı özellikteki piroklastik kayaların petrografik özelliklerinin jeomekanik özellikler üzerindeki etkisi”, *X. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, s. 205-214, 8-9 Aralık 2011.

