



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖKSUN OFİYOLİTİ KABUKSAL KAYAÇLARININ  
DEMİRYOLU BALAST MALZEMESİ OLARAK  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**İBRAHİM BURHAN YÜZBAŞI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖKSUN OFİYOLİTİ KABUKSAL KAYAÇLARININ**  
**DEMİRYOLU BALAST MALZEMESİ OLARAK**  
**KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**İBRAHİM BURHAN YÜZBAŞI**

**Bu tez,**  
**Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS** derecesi için hazırlanmıştır.

**KAHRAMANMARAŞ 2019**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi İbrahim Burhan YÜZBAŞI tarafından hazırlanan **“GÖKSUN OFİYOLİTİ KABUKSAL KAYAÇLARININ DEMİRYOLU BALAST MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ”** adlı bu tez, jürimiz tarafından 21/08/2019 tarihinde oy birliği ile Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU (DANIŞMAN) .....

Jeoloji Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Utku BAĞCI (ÜYE) .....

Jeoloji Mühendisliği

Mersin Üniversitesi

Doç. Dr. Turgay DİNDAROĞLU (ÜYE) .....

Orman Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof.Dr. Mustafa YAZICI .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İBRAHİM BURHAN YÜZBAŞI



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# GÖKSUN OFİYOLİTİ KABUKSAL KAYAÇLARININ DEMİRYOLU BALAST MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

İBRAHİM BURHAN YÜZBAŞI

## ÖZET

Balast, demiryollarında ray altında kullanılan, traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve daneleri arasındaki sürtünme ile yayarak platforma ileten, drenaj kabiliyeti yüksek, çatlaksız, damarsız bir şekilde iyi teşekkül eden ve yük taşıyan bir malzeme olup; 30-60 mm ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert taşların (granit, granodiyorit, diyorit, gabro, riyolit ve diyabaz) kırılması ile elde edilen agrega malzemesidir.

Bu çalışmada Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının (kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları, volkanik kayaçlar) balast malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Mineralojik, petrografik ve jeokimyasal parametrelerin belirlenmesi amacıyla XRD ve XRF testleri yapılmış, kayaçların ince kesitleri hazırlanarak petrografik determinasyonları yapılmıştır. Fiziksel ve mekanik parametrelerin belirlenmesi amacıyla kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme, kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı, Los Angeles parçalanma direnci ve magnezyum sülfat donma çözülme deneyleri yapılmıştır.

ISRM ve TSE'ye uygun olarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre incelendiğinde Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının konvansiyonel hatlar için balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğu, yüksek hızlı tren hatları için kullanılabilir özelliklerde olmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Balast Malzemesi, Demiryolu, Göksun Ofiyoliti Kabuksal Kayaçları

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos 2019

Danışman: Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU

Sayfa sayısı: 68

**INVESTIGATE THE USABILITY OF GÖKSUN OPHIOLITIC CRUSTAL ROCKS  
AS RAILWAY BALLAST MATERIAL  
(MASTER THESIS)**

**İBRAHİM BURHAN YÜZBAŞI**

**ABSTRACT**

Ballast is an aggregate material bearing the burden of the railways ,without exposing any collapse which have permanent effects transmitted by traverses and transmits the grains to the platform by spreading thanks to friction, has got high draniage capability, consist riftless and veinless and also is a conveyor; in other words ballast is an aggregate material which has 30-60 mm grain size and sharp edged broken such as granite, granodiorite, diorite, gabbro, rhyolite and diabase. In this paper usability of Göksun ophiolitic crustal rocks (cumulate gabbro, isotropic gabbro, sheeted dykes, volcanic rocks) were investigated as ballast material.

For the purpose of determining the parameters of mineralogical, petrographical and geochemical, XRD and XRF experiments were done and by preparing thin section of the rocks, petrographical determination were done. For the purpose of determining the parameters of physical and mechanical parameters, dry and saturated unit weight, water absorption by weight and water absorption by volume, dry and saturated uniaxial compressive strength test, Los Angeles disintegration resistance, magnesium sulfate freezing thawing experiments were done..

When the results, obtained from the experiments which are suitable for TSE and ISRM, were examined according to TCDD Ballast Technical Specifications Göksun ophiolitic crustal rocks are available for conventional railways but not for the high speed train railways.

**Key Words:** Ballast Material, Railway Göksun Ophiolite Crustal Rocks,

Kahramanmaras Sutcu Imam University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Materials Science and Engineering Department, August / 2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tamer RIZAOĞLU

Number of pages: 68

## TEŞEKKÜR

Bu tezin başlangıcından bitimine kadar her süreçte bana yardımcı olan, beni yönlendiren ve tüm tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışman hocam Doç. Dr. Tamer Rızaoğlu'na;

Kayaçların araziden laboratuvar ortamına getirilmesinde ve deney örneklerinin hazırlanmasında büyük katkıları olan değerli arkadaşım Jeoloji Mühendisi Canberk Coşkun'a;

Kayaçların ince kesitlerinin hazırlanmasında katkıları olan Dr. Öğretim Üyesi Barış Semiz'e;

Kayaçların XRD analizlerinin değerlendirilmesinde katkıları olan Prof. Dr. Tamer Koralay'a;

Kayaçların XRF analizlerinin yapılmasında katkıları olan Dr. Öğretim Üyesi Bahattin Güllü'ye;

Fiziko-mekanik deneylerin yapılmasında katkıları olan İnşaat Mühendisliği Laboratuvar sorumlusu İlker Gülpınar'a ve Gaziantep Ultra Yapı Malzemeleri Kalite Kontrol ve Beton Laboratuvarı çalışanlarına;

Tez dönemi boyunca desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi Muhammed Ziya Karataş'a, İnşaat Mühendisi Ayşe Kübra Boz'a ve Mimar Sibel Debgici'ye;

Eğitim hayatıma başladığım günden itibaren bana maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan aileme;

Teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı, Önemi ve Kapsamı .....	1
1.2. Demiryolları Hakkında Genel Bilgiler .....	1
1.2.1. Dünyada demiryollarının tarihi .....	2
1.2.2. Türkiye’de demiryollarının tarihi .....	4
1.2.3. Dünyadaki demiryolları içerisinde Türkiye’nin yeri .....	4
1.3. Balast Malzemeleri Hakkında Genel Bilgiler .....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMLAR .....	8
3. MATERYAL VE METOD .....	10
3.1. Materyal .....	10
3.1.1. Kümülat gabro .....	11
3.1.2. İzotrop gabro .....	12
3.1.3. Levha daykları .....	13
3.1.4. Volkanik kayalar .....	14
3.2. Metod .....	14
3.2.1. Arazi çalışmaları .....	14
3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları .....	15
3.2.3. Mineralojik ve petrografik analizler .....	18
3.2.3.1. Mikroskop incelemeleri .....	18
3.2.3.2. XRD analizleri .....	18
3.2.4. Jeokimyasal analizler .....	19
3.2.4.1. XRF analizleri .....	19
3.2.5. Fiziko-mekanik testler .....	19
3.2.5.1. Kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık deneyi .....	19
3.2.5.2. Ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarının tayini .....	21
3.2.5.3. Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma deneyi .....	22
3.2.5.4. Los Angeles parçalanma direnci deneyi .....	24
3.2.5.5. Magnezyum sülfat donma çözülme deneyi .....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	28

4.1. Bulgular .....	28
4.1.1. Mineralojik ve petrografik analiz sonuçları.....	28
4.1.1.1. Mikroskop incelemeleri.....	28
4.1.1.2. XRD Analizleri .....	32
4.1.2. Jeokimyasal analizler.....	34
4.1.3. Fiziko - mekanik test sonuçları.....	36
4.1.3.1. Kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık deneyi .....	36
4.1.3.2. Ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarının tayini.....	43
4.1.3.3. Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneyi .....	47
4.1.3.4. Los Angeles parçalanma direnci deneyi sonuçları.....	50
4.1.3.5. Magnezyum sülfat donma çözölme deneyi sonuçları .....	52
4.2. Tartışma .....	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	64
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. Balast malzemesi.....	6
Şekil 1.2. Tipik demiryolu en kesiti .....	6
Şekil 3.1. Çalışma alanının jeoloji haritası .....	10
Şekil 3.2. Çalışma alanındaki birimlerin stratigrafik dizilimi .....	11
Şekil 3.3. Kümülat gabroların arazi görüntüsü.....	12
Şekil 3.4. İzotrop gabroların arazi görüntüleri .....	13
Şekil 3.5. Levha dayklarının arazi görüntüleri .....	13
Şekil 3.6. Volkanik kayaların arazi görüntüleri.....	14
Şekil 3.7. a-b) Araziden numune alımı.....	15
Şekil 3.8. Hazırlanan ince kesitler .....	15
Şekil 3.9. a) Mekanik öğütücü b) hazırlanan toz numuneler.....	16
Şekil 3.10. a, b) Hazırlanan karot numuneler .....	16
Şekil 3.11. Hazırlanan agrega numuneler.....	17
Şekil 3.12. a) Karot alma makinesi b) çeneli kırıcı .....	17
Şekil 3.13. Polarizan mikroskopta kayaç determinasyonu ve görüntü alma işlemi .....	18
Şekil 3.14. a) XRD cihazı b) XRF cihazı .....	19
Şekil 3.15. a) Etüvde kurutma b) desikatörde bekletme c) kuru ağırlık hesaplama .....	20
Şekil 3.16. a) Suda bekletme b) yüzey kurulama c) ıslak ağırlık hesaplama .....	20
Şekil 3.17. a) Kuru ağırlık hesaplama b) ıslak ağırlık hesaplama .....	21
Şekil 3.18. a, b, c). Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneyi için hazırlanan karot numuneler .....	23
Şekil 3.19. a) Hidrolik pres makinesi b) alt ve üst tabla arasına sıkıştırılan karot numunesi c) karotların kırılma şekilleri .....	23
Şekil 3.20. a) 10-14 mm arası agrega numunesi b) motorlu tambur c) çelik bilye .....	24
Şekil 3.21. a) Tepsiye alınan malzeme b) 1.6 mm açıklıklı elekten eleme c) aşınan malzeme.....	25

## Sayfa No

Şekil 3.22. a) 10-14 mm arası agrega numunesi b) etüvde kurutulan malzeme.....	26
Şekil 3.23. a) 1 litre saf su b) 1500 gr magnezyum sülfat çözeltisi.....	26
Şekil 3.24. a) Magnezyum sülfat çözeltisine daldırma b) etüvde kurutma .....	27
Şekil 3.25. a) Su ile yıkama b) 10 mm'lik elekten eleme c) elek üzeri malzeme .....	27
Şekil 4.1. a, b) Kümülat gabro c, d) izotrop gabro, e, f) levha daykları g, h) volkanik kayaçların mikroskop görüntüleri (pl: plajoklas, ol: olivin, cpx: klinopiroksen, cl: klorit, ep: epidot) .....	31
Şekil 4.2. Kümülat gabro XRD grafiği.....	32
Şekil 4.3. İzotrop gabro XRD grafiği .....	32
Şekil 4.4. Levha daykı XRD grafiği .....	33
Şekil 4.5. Volkanik kayaçlar XRD grafiği .....	33
Şekil 4.6. a) Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kayaç sınıflandırma b) tektonomagmatik ortam belirleme diyagramları .....	35
Şekil 4.7. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru birim hacim ağırlık değerleri .....	40
Şekil 4.8. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru yoğunluk değerleri .....	41
Şekil 4.9. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun birim hacim ağırlık değerleri .....	42
Şekil 4.10. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun yoğunluk değerleri .....	42
Şekil 4.11. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının ağırlıkça su emme değerleri .....	46
Şekil 4.12. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının hacimce su emme değerleri.....	46
Şekil 4.13. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru halde tek eksenli basma dayanımı değerleri .....	49
Şekil 4.14. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri .....	49
Şekil 4.15. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının Los Angeles parçalanma direnci değerleri .....	51
Şekil 4.16. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının magnezyum sülfat donma çözülme değerleri .....	53
Şekil 4.17. Yüksek hızlı tren hatları için kuru yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	55

Şekil 4.18. Yüksek hızlı tren hatları için suya doygun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	55
Şekil 4.19. Konvansiyonel hatlar için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	57
Şekil 4.20. Yüksek hızlı tren hatları için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	58
Şekil 4.21. Konvansiyonel hatlar için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	60
Şekil 4.22. Yüksek hızlı tren hatları için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	61
Şekil 4.23. Konvansiyonel hatlar için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	62
Şekil 4.24. Yüksek hızlı tren hatları için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	63

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 1.1. Uluslararası demiryolu istatistikleri .....	5
Çizelge 4.1. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının jeokimyasal analiz sonuçları .....	34
Çizelge 4.2. Kümülat gabrolar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri .....	36
Çizelge 4.3. Kümülat gabrolar için suya doymuş yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri .....	36
Çizelge 4.4. İzotrop gabrolar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri.....	37
Çizelge 4.5. İzotrop gabrolar için suya doymuş yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri	37
Çizelge 4.6. Levha daykları için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri .....	38
Çizelge 4.7. Levha daykları için suya doymuş yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri.	38
Çizelge 4.8. Volkanik kayaçlar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri .....	39
Çizelge 4.9. Volkanik kayaçlar için suya doymuş yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri .....	39
Çizelge 4.10. Kümülat gabrolar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri .....	43
Çizelge 4.11. İzotrop gabrolar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri .....	44
Çizelge 4.12. Levha daykları için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri .....	44
Çizelge 4.13. Volkanik kayaçlar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri.....	45
Çizelge 4.14. Kümülat gabrolar için kuru ve suya doymuş halde tek eksenli basma dayanımı değerleri.....	47
Çizelge 4.15. Levha daykları için kuru ve suya doymuş halde tek eksenli basma dayanımı değerleri.....	48
Çizelge 4.16. Volkanik kayaçlar için kuru ve suya doymuş halde tek eksenli basma dayanımı değerleri.....	48
Çizelge 4.17. Kümülat gabrolar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri.....	50
Çizelge 4.18. İzotrop gabrolar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri .....	50
Çizelge 4.19. Levha daykları için Los Angeles parçalanma direnci değerleri .....	50
Çizelge 4.20. Volkanik kayaçlar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri.....	51
Çizelge 4.21. Kümülat gabrolar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri.....	52

## Sayfa No

Çizelge 4.22. İzotrop gabrolar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri .....	52
Çizelge 4.23. Levha daykları İçin magnezyum sülfat donma çözülme değerleri.....	53
Çizelge 4.24. Volkanik kayalar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri .....	53
Çizelge 4.25. Konvansiyonel hatlar için kuru ve suya doymun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	54
Çizelge 4.26. Yüksek hızlı tren hatları için kuru ve suya doymun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	54
Çizelge 4.27. Göksun ofiyoliti kabuksal kayalarının kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık değerleri .....	56
Çizelge 4.28. Konvansiyonel hatlar için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	57
Çizelge 4.29. Yüksek hızlı tren hatları için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi.....	57
Çizelge 4.30. Göksun ofiyoliti kabuksal kayalarının kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri .....	58
Çizelge 4.31. Tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre kayaların sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966).....	59
Çizelge 4.32. Konvansiyonel hatlar için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	60
Çizelge 4.33. Yüksek hızlı tren hatları için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	60
Çizelge 4.34. Konvansiyonel hatlar için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	61
Çizelge 4.35. Yüksek hızlı tren hatları için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\rho$	: Yoğunluk
$Y$	: Birim hacim ağırlık
$\sigma_c$	: Tek eksenli basma dayanımı
$A$	: Kesit alanı
<b>ASÜBTAM</b>	: Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi
$A_w$	: Ağırlıkça su emme
$D$	: Çap
<b>DLH</b>	: Demiryollar Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
$F$	: Yük
$H_w$	: Hacimce su emme
<b>ISRM</b>	: International Society for Rock Machanics
$L$	: Boy
$LA$	: Los Angeles Katsayısı
$m$	: Malzeme miktarı
$M_1$ :	: Malzeme miktarı
$M_2$ :	: Malzeme miktarı
$NQ$	: 47.6 mm çaplı karot numunesi
$NX$	: 54.7 mm çaplı karot numunesi
<b>RILEM</b>	: Reunion Internationale des Laboratoires et Experts des Materiaux
<b>SNFC</b>	: Societe Nationale des Chemins de fer Français
<b>TCDD</b>	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
<b>TGV</b>	: Train a Grande Vitesse
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>ÜSKİM</b>	: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Üniversite Sanayi Kamu İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi
$V$	: Hacim
$W$	: Ağırlık
$W_d$	: Kuru ağırlık
$W_s$	: Islak ağırlık
<b>XRD</b>	: X-Ray Diffraction
<b>XRF</b>	: X-Ray Flouresans

## **1. GİRİŞ**

### **1.1. Tezin Amacı, Önemi ve Kapsamı**

Günümüzde artarak devam eden yolcu ve yük taşımacılığında demiryollarının önemi bir hayli fazladır. TCDD 2013-2017 İstatistik Yıllığı raporlarına göre Türkiye’de 11.395 km’si konvansiyonel hat, 1.213 km’si yüksek hızlı tren hattı olmakla beraber toplamda 12.608 km demiryolu hattı bulunmaktadır. Yine bu yılda yer alan bir başka rapora göre TCDD’nin toplam 3.029.250.390 TL genel giderleri arasındaki en büyük payı 1.770.488.903 TL ile demiryolu bakım hizmet giderleri almaktadır (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018). Bu sebeple yeni demiryolu hatları projelendirilirken veya mevcut demiryolu hatları yenilenirken malzeme seçiminin günümüz teknolojisine uygun ve sonradan bakım maliyeti gerektirmeyecek şekilde olması gerekmektedir.

Demiryolu hatlarının inşasında malzeme seçiminin çok iyi yapılması gereken iş kalemlerinden biriside balast malzemesidir. Demiryolu hatları için büyük önem taşıyan balast malzemesinin, TCDD Balast Teknik Şartnamesinde yer alan hükümlere göre detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının (kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları, volkanik kayaçlar) mineralojik, petrografik ve jeokimyasal parametrelerini belirlemek, fiziko-mekanik deney sonuçlarına göre konvansiyonel ve yüksek hızlı tren hatlarında balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini incelemektir.

### **1.2. Demiryolları Hakkında Genel Bilgiler**

Madeni bir yolda mekanik güç kullanılarak harekete geçen, yolcu ve yük taşımacılığında kullanılan tesislerin tümüne demiryolu denmektedir. Demiryolu dendiği zaman aklımıza sadece ray, travers ve balast malzemeleri değil aynı zamanda istasyon ve sinyalizasyon tesisleri gibi ulaşımın güvenli ve sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan bütün sistemler gelmelidir. Demiryollarının çalışma prensibi, bir dereceli serbestlik ile tekerleğin metale temas ederek bir hat üzerinden kılavuzlu olarak hareket etmesidir. Bu sayede demiryolları otomatik kontrol ve sinyalizasyona olanak sağlar (Bilgiç, 2017).

Dünya üzerinde ulaşım türleri karayolu ulaşımı, demiryolu ulaşımı, denizyolu ulaşımı, havayolu ulaşımı ve boru hattı ulaşımı olmak üzere beş ana grupta toplanmaktadır. Tabii ki bu ulaşım türlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bir ulaşım türünde aranan genel özellikler güvenlik, hız, güvenilirlik, konfor, ekonomiklik ve çevre kirliliği olarak sıralanabilir. Bu parametreler bağlamında düşünüldüğünde demiryollarının diğer ulaşım türlerine göre öne çıktığı görülmektedir. Yüksek kapasite ile kullanıldığı zaman demiryolu ulaşımı hem yolcu hem yük taşımacılığında diğer ulaşım türlerine göre öne çıkmaktadır. Düşük kapasiteli olarak kullanıldığı zaman yatırım ve işletme maliyetlerinin fazla olmasından dolayı avantajlarını kaybetmektedir. Bunun yanı sıra planlamanın çok iyi yapılması gerekir ki sonradan üzerinde değişiklik yapılması çok zor olan pahalı bir sistemdir (Bilgiç, 2017).

### **1.2.1. Dünyada demiryollarının tarihi**

Tarihte demiryolu olarak kabul edilebilecek en eski yollara M.Ö. 600'lü yıllarda Eski Yunan dönemlerinde rastlanmaktadır. Bu yollar daha çok ahşap tekerlekli araçlarla gemi ve yük taşınması için inşa edilmiştir. Mesafeleri 6-8.5 km arasında olan bu yolların genişliği yaklaşık olarak 1.5 m kadardır (Bilgiç, 2017).

1550'de Almanya'daki madenlerde Hund isminde el gücü kullanılarak hareket ettirilen tekne görünümündeki vagonlar kullanılmıştır. Bir süre sonra bu vagonlar Almanya'dan İngiltere'ye getirilmiştir. Yine bu yıllarda Fransa'da Alsace Maden Ocaklarında maden nakliyatı için metal üzerinde el gücü kullanılarak çalıştırılan dekoviller kullanılmıştır (Bilgiç, 2017).

1603-1604'te Huntingdon Beaumont ve Sir Percival Willoughby öncülüğünde 3.2 km uzunluğunda Wollaton Willoughby adında ahşap bir yol inşa edilmiştir. Bu yol İngiltere'de Nottinghamshire'da maden nakliyatı için kullanılmıştır (Bilgiç, 2017).

1767'de James Watt buhar makinesini icat etmiştir. Bu icat daha sonra kendiliğinden hareket edebilecek buhar makinesinin üretilmesine fikir olmuştur. Bu fikir 1814 yılında George Stephenson tarafından hayata geçirilerek yürüyebilen bir lokomotif üretilmiştir (Akalan, 2010). Fakat bundan önce 1804'te Richard Trevithick tarafından Galler'de bir maden ocağında kullanılmak üzere buharlı bir lokomotif üretilmiştir (Bilgiç, 2017).

Tarihte ilk demiryolu hattı 1825'te Stochon-Darlington arasında açılmıştır (Öztürk, 2009). 27 Eylül 1825'te George Stephenson bu hat üzerinde buharlı lokomotifi ile deneme yapmıştır fakat yoldaki meyil nedeniyle bu deneme başarıyla sonuçlanamamıştır (Akalan, 2010).

6 Ekim 1829'da İngiltere'de demiryolları için tarihi bir gün yaşanmıştır. Liverpool-Manchester arasında inşa edilen demiryolu hattında kullanılmak üzere en iyi buharlı lokomotifi tasarlama yarışması yapılmıştır. Bu yarışmayı George Stephenson'un ikinci defa ürettiği Rocket isimindeki lokomotif kazanmıştır (Öztürk, 2009). Bu lokomotif yaklaşık 56 km uzunluğundaki Liverpool-Manchester demiryolu hattını 13.2 tonluk yük ile iki saatin altında 19-22 km/sa hızla çekmiştir. Bu sonuç dünyada buharlı lokomotif kullanımını hızlandırmış ve tüm dünya ülkelerinin kendi demiryolu hatlarını oluşturmalarına sebebiyet vermiştir (Bilgiç, 2017).

Demiryolları arasında işletmeye açılan ilk hat 1830'da Liverpool-Manchester hattı olmuştur. Kısa zamanda İngiltere, Fransa, Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi güçlü ülkeler demiryolu yapımına büyük yatırımlar yapmışlardır. 1830'da Amerika'da, 1832'de Fransa'da ve 1835'de Almanya'da ilk demiryolu hatları inşa edilmiştir. 1843'te Belçika-Almanya arasında ilk defa ülkeler arası bir demiryolu hattı hizmete başlamıştır. Bundan sonra sırayla Avusturya, Rusya, Hollanda ve İtalya'da bu gelişime ayak uydurmaya başlamıştır (Akalan, 2010).

1890'larda dünya genelinde toplam demiryolu hattı 600.000 km'nin 1910 yılında ise 1.000.000 km'nin üzerine çıkmıştır (Akalan, 2010). 1950'lerde ise elektrikli çekim ve sinyalizasyon sistemlerinin de gelişmesiyle günümüzde kullanılmakta olan demiryolu hatları şekillenmiştir (Bilgiç, 2017). Bu yıllardan sonra yeni demiryolu hattı yapımı hızını bir miktar kaybetmiş fakat özellikle lokomotifler hızla gelişmeye başlamıştır (Akalan 2010).

Günümüzde ise artık ortalama 250-300 km/sa hızla seyreden yüksek hızlı trenler kullanılmaya başlamıştır. Yüksek hızlı trenler içinde bugüne kadarki yapılan en büyük hız 575 km/sa ile Fransız SNFC şirketinin TGV trenine aittir. Son zamanlarda teknolojinin de gelişmesiyle manyetik olarak hareket eden Maglev Tren teknolojisi kullanılmaya başlamıştır. Halen gelişim aşamasında olan bu trenler ilk olarak Çin'de Şangay şehrinde

kullanılmıştır. Bu trenlerle yapılan en büyük hız ise 603 km/sa ile Japon Maglev trenine aittir (Bilgiç, 2017).

### **1.2.2. Türkiye’de demiryollarının tarihi**

Türkiye’de demiryollarının tarihçesi 23 Eylül 1856’da 130 km uzunluğunda yapılması planlanan İzmir- Aydın demiryolu hattı ile başlamaktadır. Osmanlı döneminde inşa edilen toplamda 8.619 km’lik demiryolu hattından ancak 4.136 km’lik kısmı Cumhuriyetin ilanından sonra çizilen milli sınırlar içerisinde kalmıştır (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018). Cumhuriyetin ilanından İkinci Dünya Savaşı’nın başlangıcına kadar zor şartlara rağmen demiryolu inşası hızla sürdürülmüştür ancak savaş nedeniyle bu tarihlerden sonra büyük bir yavaşlama sürecine girmiştir. 1950’lerden itibaren ülke politikası olarak karayoluna verilen önem giderek artmış ancak demiryolu arka plana atılmıştır (Bilgiç, 2017). 1950-1980 arasında 30 yılda sadece 873 km demiryolu inşa edilmiştir (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018).

Bugün ülkemizde anahat olarak 8.903 km, yüksek hızlı tren hattı olarak 1.213 km demiryolu hattı bulunmaktadır. 13 Mart 2009 tarihinde açılan Ankara-Eskişehir Yüksek Hızlı Tren Hattı ile birlikte Türkiye’de ilk defa yüksek hızlı tren hatları işletmeciliğine geçilmiştir. Ülkemizde yeni demiryolu inşaatları Ulaştırma Bakanlığı’na bağlı olarak çalışan Demiryollar Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH) tarafından yapılmaktadır. Mevcut olan demiryollarının işletmesi, bakımı ve onarımı ise Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından yapılmaktadır (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018).

### **1.2.3. Dünyadaki demiryolları içerisinde Türkiye’nin yeri**

TCDD 2017 İstatistik Yıllığı raporlarına göre dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında ülkemizin demiryolu ağı hem nüfusa göre hem de yüz ölçümüne göre yetersizdir (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018)(Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Uluslararası demiryolu istatistikleri (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2018)

Ülke	Demiryolu Anahat Uzunluğu (km)	1000 km <sup>2</sup> 'ye Düşen Demiryolu (km)	100.000 Nüfusa Düşen Demiryolu (km)
Türkiye	10.131	13	13
Almanya	33.380	94	41
Çek Cumhuriyeti	9.463	120	90
Fransa	28.364	45	42
İtalya	16.788	56	28
İngiltere	31.910	131	48
İspanya	15.650	31	34
İsveç	9.684	22	100
Polonya	18.429	59	48
Romanya	10.766	45	54
Amerika	293.564	30	91
Hindistan	66.030	20	5
Japonya	19.256	51	15
Kanada	48.498	5	135
Rusya	85.375	5	59

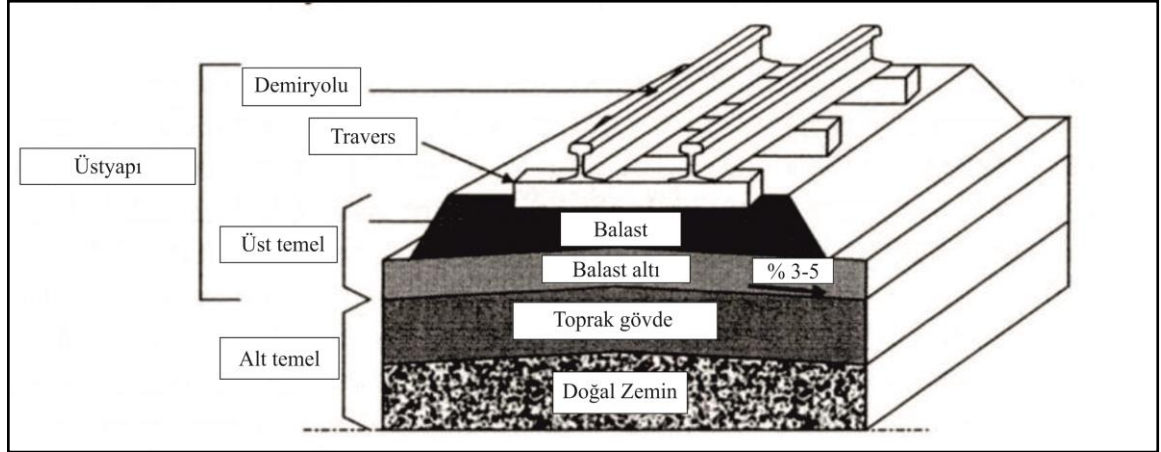
### 1.3. Balast Malzemeleri Hakkında Genel Bilgiler

Balast, demiryolu hatlarında ray altında kullanılan, traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve daneleri arasındaki sürtünme ile yayarak platforma ileten, drenaj kabiliyeti yüksek, çatlaksız, damarsız bir şekilde iyi teşekkül eden ve yük taşıyan bir malzeme olup; 30-60 mm ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert taşların (granit, granodiyorit, diyorit, gabro, riyolit ve diyabaz) kırılması ile elde edilen agrega malzemesidir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Balast malzemesi (www.kolin.com.tr)

Tipik bir demiryolu en kesitinde yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla raylar, traversler, balast katmanı, balast altı katmanı, toprak gövde ve doğal zemin katmanını bulunmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Tipik demiryolu en kesiti (Profillidis, 2006)

Balast malzemelerinin demiryollarındaki görevleri şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ Traverslerden iletilen yükleri, platforma geniş bir alandan homojen bir şekilde yaymak,
- ✓ Platform için elastik bir yatak oluşturarak yolun esnekliğini sağlamak,
- ✓ Yağmur sularını drenaj ile dışarı atarak platformu donma çözülme etkisinden kurtarmak,
- ✓ Rayların ve traverslerin toprakla ilişkisini keserek çürümelerini önlemek,
- ✓ Platformu ottan ve çamurdan korumak (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013).

Balast malzemelerinde bulunması gereken özellikler Şu Şekilde sıralanabilir:

- ✓ Boyutlar 3-6 cm arasında olmalıdır,
- ✓ Yüksek drenaj kabiliyetine sahip olmalıdır,
- ✓ Sağlam, çatlaksız ve damarsız bir yapıya sahip olmalıdır,
- ✓ Su emme oranı düşük olmalıdır,
- ✓ AŐınmaya ve darbeye karşı dayanımı yüksek olmalıdır,
- ✓ Homojen olup içerisinde toz-toprak, ot ve kök olmamalıdır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013).



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Göksun ofiyoliti ve balast malzemelerinin demiryollarında kullanılabilirliği ile ilgili daha önceden yapılan çalışmalar ve sonuçları kısaca aşağıda sunulmuştur.

Yümün ve Kılıç (2002) Kamandağı ile Camdere Köyü (Göksun-Kahramanmaraş) arasında bulunan bölgenin stratigrafisini incelemiş ve inceleme alanında tabanda Üst Kretase yaşlı Göksun ofiyolitinin yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca birimin Göksun ilçesinin doğusunda ve güneydoğusunda yayılma gösteren peridotit, gabro ve diyabaz gibi mafik ve ultramafik kayalar ve granit sokulumlarından oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Parlak ve ark. (2002) Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) arasında yüzeyleyen Yüksekova ofiyolitinin jeokimyası ve jeokronolijisi incelemiş ve Yüksekova ofiyolitinin tabandan tavana doğru tam bir okyanusal kabuk kesiti sunduğunu tespit etmişlerdir. (Ultramafik-mafik kümülatlar, izotropik gabro, levha dayk kompleksi, plajiyogranit ve volkanik birimler). Ayrıca bölgede ofiyolitik birimleri kesen Esence granitoidlerinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Aral (2004) Çorlu-Tekirdağ bölgesinde bulunan Karatepe bazaltlarının yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini incelemiş ve bazalt örneklerinin beton agregası, dolgu malzemesi, yol malzemesi ve aynı zamanda parke ve balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğunu tespit etmiştir.

Beyazpirinç (2005) Keypez-Nişanıt-Domuzdere-Kitiz (Afşin-Kahramanmaraş) bölgesinde allohton birimler içerisinde bulunan Göksun ofiyolitinin jeolojisini incelemiş ve düzenli bir seri gösteren Göksun ofiyolitini inceleme alanında tabakalı gabro, izotrop gabro ve levha dayk karmaşıkları ile temsil etmiştir. Ayrıca Göksun ofiyolitinin Esence granitoidleri tarafından kesildiklerini belirterek, makaslama zonları boyunca dinamik ve kontakt metamorfizma izlerine rastlanmış olduğu fakat Göksun ofiyolitinin metamorfik olmadığı ve bölgesel olarak metamorfizmaya uğramadığını tespit etmiştir.

Oğul ve ark. (2012) İstanbul'daki yüksek hızlı tren hatlarında granit ve bazaltın birlikte kullanılabilirliği ve aşınma dayanımlarına etkisini incelemiş ve her iki örneğinde birbirini aşındırmadan birlikte kullanılabilir özelliklerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Koralay ve ark. (2014) İnceler (Bozkurt-Denizli) bölgesinde bulunan ofiyolitler içerisindeki gabro dayklarının demiryolu balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini incelemiş ve gabro örneklerinin balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Gürocak (2016) Dedeyolu Köyü (Sivrice-Elazığ) bölgesinde bulunan bazaltların kırmataş olarak kullanılabilirliğini incelemiş ve bazalt örneklerinin balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğunu tespit etmiştir.

Rızaoğlu (2017) Göksun (Kahramanmaraş) ofiyoliti volkanik kayaların alkali-silika reaksiyon potansiyellerini incelemiş ve ortaç volkaniklerin bazik ve asidik volkaniklere göre daha fazla alkali-silika reaksiyon potansiyeli gösterdiğini tespit etmiştir.

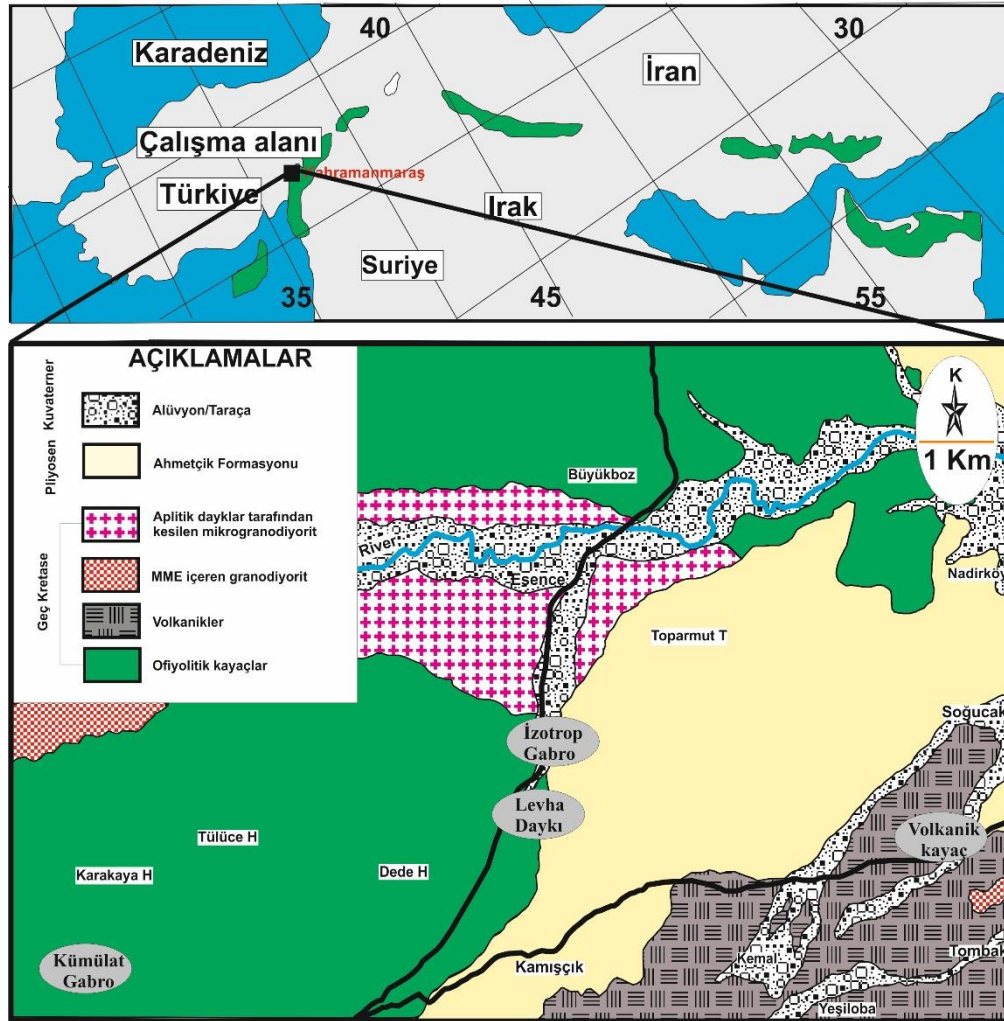
Sabancı (2018) Pazarcık (Kahramanmaraş) Yavuzeli ve Solhan (Bingöl) bölgesine ait magmatiklerin demiryolu balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini incelemiş ve her iki örneğinde konvansiyonel hatlarda ve yüksek hızlı tren hatlarında balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğunu tespit etmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Göksun ofiyoliti, Kahramanmaraş'ın 90 km kuzeyinde bulunan Göksun - Afşin bölgeleri arasında yayılım göstermektedir. Bu kayalar bölgede hem kuzeyden hem de güneyden Malatya Metamorfikleri tarafından tektonik olarak sınırlanmakta ve kuzeydoğu – güneybatı eğilimindeki tektonik bir pencerede görülmektedir (Parlak ve ark., 2002)(Rızaoğlu ve ark., 2005)(Şekil 3.1).

Göksun ofiyoliti, tabandan tavana doğru ultramafik-mafik kümülatlar, izotrop gabrolar, levha dayk kompleksi, plajiyogranit ve volkanik birimler ile karakterize edilmektedir. Bölgede yüzlek veren bu birimler granodiyorit, mikrogranodiyorit ve aplitik dayk şeklinde asidik birimlerin meydana getirdiği Üst Kretase yaşlı Esence granitoyidi tarafından kesilmektedir (Parlak ve ark., 2002)(Rızaoğlu ark., 2005)(Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Rızaoğlu ve ark., 2005)

Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
	KUVATERNER				Alüvyon/Taraça Uyumsuzluk
M E S O Z O Y I K K R E T A S E Ü S T K R E T A S E					Konglomera, Marn, Kireçtaşı, Kumtaşı Uyumsuzluk
					⑨ Aplitik dayk
					⑧ Mikrogranodiyorit Granodiyorit
					⑦ Plajiyogranit
					⑥ Spilit Spilitik bazalt
					Diyabaz ⑤ Mikrodiyorit Metamikrodiyorit
					④ Kuvars- diyorit Diyorit Gabro
					③ Mafik kümülat
					② Ultramafik kümülat
					① Tektonit

ÖLÇEKSİZ

Şekil 3.2. Çalışma alanındaki birimlerin stratigrafik dizilimi (Rızaoğlu ve ark., 2005)

### 3.1.1. Kümülat gabro

Kümülatlar, okyanusal kabuk kesitinin en alt kısmında yer almakta olup ultramafik ve mafik kümülat kayalar olmak üzere iki farklı gruptan meydana gelmektedir (Şekil 3.2) (Parlak ve ark., 2002). İnceleme alanında çalışma materyallerinden birini temsil eden kümülat kayalar mafik kümülatlar olup, Göksun-Afşin arasında bulunan Fındık ve Domuzdere köyleri arasındaki bölgede yayılım göstermektedir (Şekil 3.1).

Mafik kümülatları arazide ofiyolitın diğer bölümlerinden ayıran en önemli özellikler farklı minerallerin magma odası koşullarında farklı bölgelere yığılması sonucu meydana gelen magmatik bantlaşma, çapraz tabakalanma, derecelenme ve boylanma gibi sedimanter kayalara özgü yapılar sunması ve ayrıca bünyelerinde yer alan olivinlerin ayrışması sonucu kayaların yüzey renginin kahverengimsi bir ton almasıdır (Şekil 3.3). Bunların dışında kümülat gabrolar mineralojik bileşimleri ve dokularının bir sonucu olarak çok tıkız ve sağlam bir yapıda olup arazide örnek alınımında da güçlük çekilmektedir.



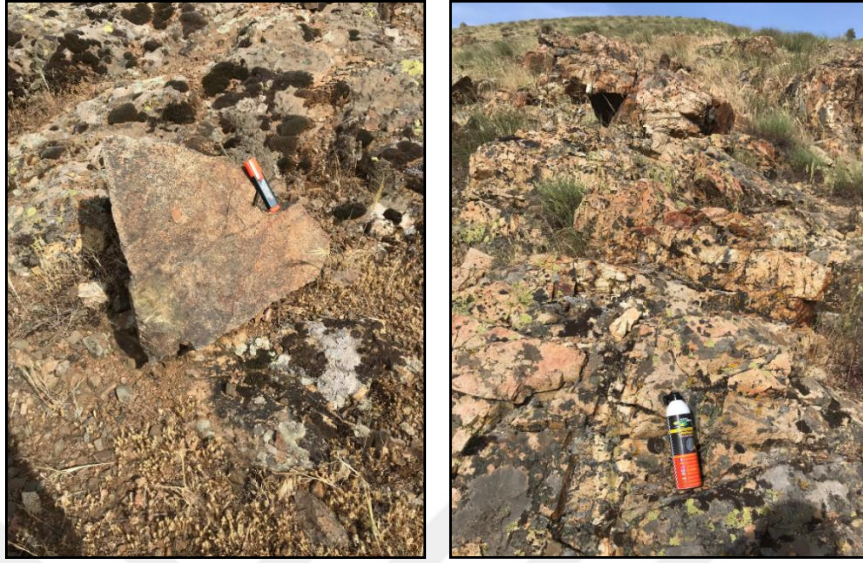
Şekil 3.3. Kümülat gabroların arazi görüntüsü

### 3.1.2. İzotrop gabro

İzotrop gabrolar, Göksun çayının etrafında Esence kasabası güneyinde Esence göleti dolaylarında temelde izole diyabaz daykları ile başlayan levha dayklarına ait dayk silsileleri ile geçişli olarak onların hemen altında yüzülemektedir. Ayrıca Tülüce Tepe güney yamaçlarında da yayılım göstermektedirler (Şekil 3.1). Ayrışma rengi kahverengimsi gri taze yüzey rengi ise mineralojik bileşimlerinde baskın olarak yer alan plajiyoklaslardan dolayı beyazımsı gri renktedir (Şekil 3.4). Plajiyoklas mineraller genel olarak alterasyon sunmakta olup makro düzeyde kaolenleşme izlerine rastlanmaktadır.

Okyanusal kabukta ultramafik-mafik kümülatların üzerinde yer almaktadır (Parlak ve ark., 2002) (Şekil 3.2). Bu kayalar kümülat gabrolara nazaran daha açık renkli olmaları ve kümülat dokuları ve yapıları içermemesi dolayısıyla onlardan ayrılmaktadırlar (Şekil 3.4). Bunun dışında inceleme alanında yüzeyleyen izotrop gabroların ofiyolit istifi ile intrüzif ilişki sunan üst Kretase yaşlı Esence granitoyidine ait felsik kayalar (granodiyorit)

tarafından kesilmelerinin izleri net olarak gözlenmektedir. Bu durum dolayısıyla izotrop gabroların arazi ölçeğinde örnek alma aşamasında kolaylıkla kırıldıkları görülmektedir.



Şekil 3.4. İzotrop gabroların arazi görüntüleri

### 3.1.3. Levha daykları

Levha daykları, Kamışçık köyünün kuzeybatısında Sögüt Tepe, Büyükboz Tepe, Domuzdere köyü ve Göksun çayı etrafında Çamlıkavak Tepe’de ve Esence kasabası güneyinde yayılım göstermektedirler (Şekil 3.1). Okyanusal kabukta izotrop gabroların üzerinde yaklaşık olarak birbirine paralel bir şekilde yer almaktadır (Şekil 3.2) (Parlak ve ark., 2002). Levha daykları temelde izotrop gabrolar üzerine gelen izole diyabaz daykları ile başlamakta olup üste doğru dayk silsilesi halini almaktadır.



Şekil 3.5. Levha dayklarının arazi görüntüleri

### 3.1.4. Volkanik kayaçlar

Volkanik kayaçlar, Ceyhan nehri kenarında Yeşiloba, Tombak ve Kemal köyleri dolaylarında yayılım göstermektedir (Şekil 3.1) (Parlak ve ark., 2002). Volkanik kayaçlar bazik volkanik kayaçlar ve asidik volkanik kayaçlar olarak gruplandırılmaktadır. Okyanusal kabukta levha dayklarının üzerinde bulunan volkanik kayaçlar, bazalt, bazaltik andezit, andezit, dasit ve riyolitten meydana gelmektedir (Şekil 3.2 ve Şekil 3.6) (Rızaoğlu, 2017).



Şekil 3.6. Volkanik kayaçların arazi görüntüleri

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının tren yollarında balast malzemesi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılması planlanan mineralojik, petrografik, jeokimyasal, fiziksel ve mekanik analizleri gerçekleştirmek üzere araziden blok şeklinde numuneler alınmıştır (Şekil 3.7a, b).

Arazide numune alınan bölgeler detaylı olarak incelenmiş ve harita üzerinde işaretlenmiştir.(Şekil 3.1).

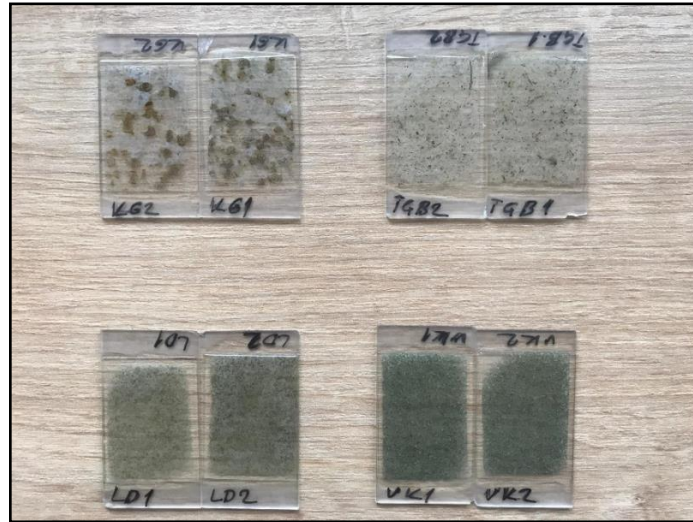


Şekil 3.7. a-b) Araziden numune alımı

### 3.2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Araziden alınan bloklar laboratuvar ortamına getirilerek sınıflandırmalar yapılmıştır. Daha sonra bu bloklardan deneylerde kullanılmak üzere uygun miktarda ve boyutlarda deney numuneleri hazırlanmıştır.

Kayaçların mineralojik ve petrografik determinasyonlarını yapmak amacıyla Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Optik Mineraloji Laboratuvarında kayaçların ince kesitleri hazırlanmıştır (Şekil 3.8). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Üniversite Sanayi Kamu İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÜSKİM)'de ise her bir kayaç için X-Ray Diffraction (XRD) analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.8. Hazırlanan ince kesitler

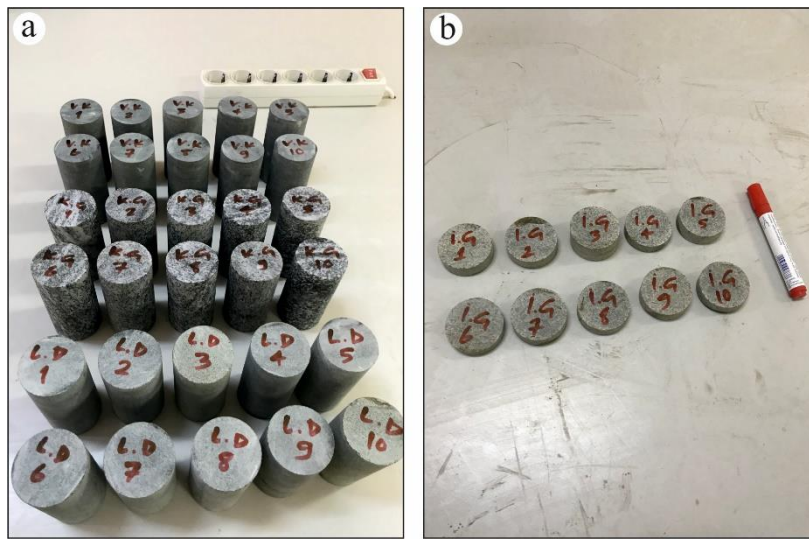
Kayaçların jeokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amacıyla Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (ASÜBTAM)'da her bir kayaç için X-Ray Floresans (XRF) analizleri yapılmıştır.

XRF ve XRD analizlerinde kullanılmak üzere toz numuneler hazırlanmıştır (Şekil 3.9b). Toz numuneleri hazırlamak için mekanik öğütücü kullanılmıştır (Şekil 3.9a).



Şekil 3.9. a) Mekanik öğütücü b) hazırlanan toz numuneler

Kayaçların fiziksel ve mekanik parametrelerini belirlemek amacıyla her bir farklı kayaç türü için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü karot alma laboratuvarında silindirik karot (Şekil 3.10a, b) ve kırılmış agrega numuneler (Şekil 3.11) hazırlanmıştır.

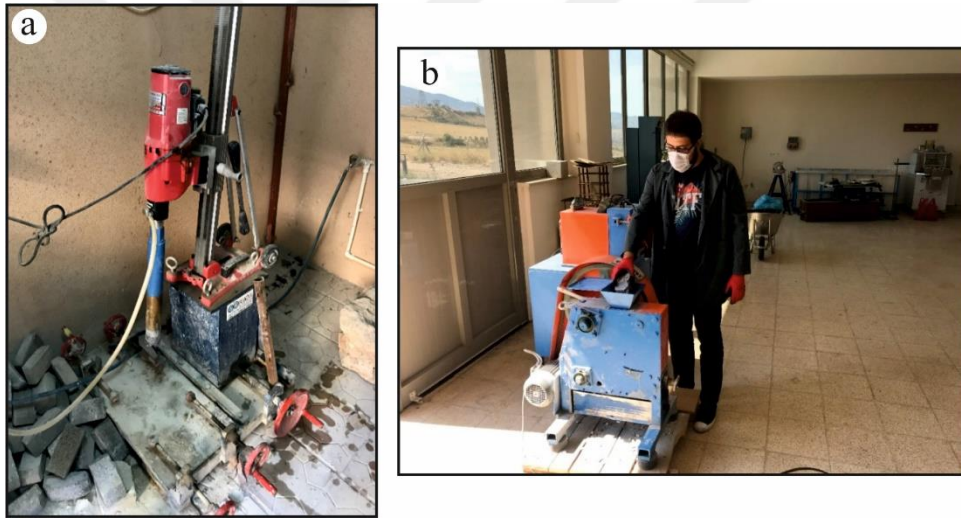


Şekil 3.10. a, b) Hazırlanan karot numuneler



Şekil 3.11. Hazırlanan agrega numuneler

Karot numuneleri hazırlamak için karot alma makinesi (Şekil 3.12a), agrega numuneleri hazırlamak için çeneli kırıcı (Şekil 3.12b) kullanılmıştır.



Şekil 3.12. a) Karot alma makinesi b) çeneli kırıcı

Hazırlanan karot numuneler üzerinde kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, hacimce su emme ve kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Hazırlanan agrega numuneler üzerinde ise Los Angeles parçalanma direnci deneyi ve magnezyum sülfat donma çözülme deneyi yapılmıştır.

Deneylerden kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, hacimce su emme, kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı ve Los Angeles parçalanma direnci deneyleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği ve İnşaat Mühendisliği Laboratuvarlarında,

magnezyum sülfat donma çözülme deneyi ise Gaziantep Ultra Yapı Malzemeleri Kalite Kontrol ve Beton Laboratuvarında yapılmıştır.

### 3.2.3. Mineralojik ve petrografik analizler

#### 3.2.3.1. Mikroskop incelemeleri

Hazırlanan ince kesitler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Nikon İ50 Model polarizan mikroskopta incelenerek kayaçların petrografik determinasyonları yapılmıştır. Tek nikolde ve çift nikolde incelenen kayaçların doku ve mineral özellikleri belirlenerek bilgisayarlı sistem üzerinden fotoğraflar alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Polarizan mikroskopta kayaç determinasyonu ve görüntü alma işlemi

#### 3.2.3.2. XRD analizleri

X Işınları Difraktometre (XRD) analizi, kristallerin kendine özgün atom dizilişine bağlı olarak X ışınlarını karakteristik bir düzende kırması esasına dayanmaktadır (merlab.metu.edu.tr).

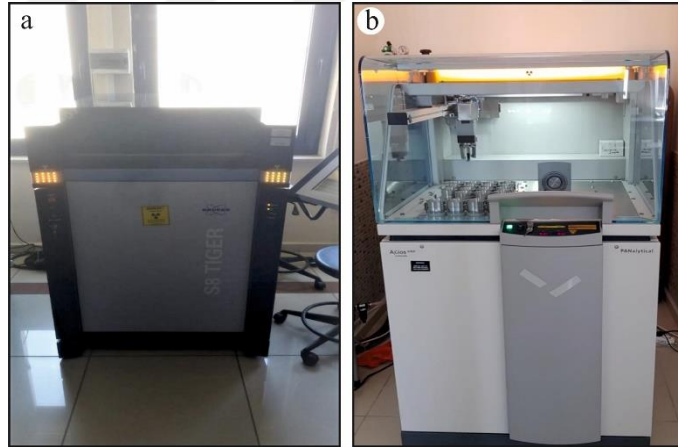
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Üniversite Sanayi Kamu İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilen analizde, her bir kayaç için yaklaşık 10 gr toz numune kullanılmıştır. Numuneler 200 mesh boyutlarına kadar öğütülmüştür. Öğütülen numuneler preslenerek analize hazır hale getirilmiştir. XRD cihazında analizler yapılmıştır (Şekil 3.14a). Toz numune ile yapılan XRD analizinin sonuçları grafikler halinde verilmiştir. Grafiklerden elde edilen pik noktaları karşılaştırılarak kayaçta hangi minerallerin yer aldığı belirlenmiştir.

### 3.2.4. Jeokimyasal analizler

#### 3.2.4.1. XRF analizleri

X Işınları Ray (XRF) analizi, X ışınları ile uyarılan elementlerin yakın yörüngelerindeki elektronları yüksek enerji düzeyine çıkarıp, tekrardan ilk enerji düzeyine döndüğünde kazanmış olduğu fazla enerjiyi X ışınları olarak geri vermeleri esasına dayanmaktadır. Elementlerin vermiş olduğu ışımaların dalga boyu her element için farklıdır (merlab.metu.edu.tr).

Aksaray Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Jeokimyasal Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilen analizde, kayaç örnekleri bilyeli tungsten karbür havanda 20 mikron boyutunda öğütülmüştür. Pudra haline getirilen numuneden 5.0 gr alınarak 1.0 gr Mikropulver Wachs C ile homojen olarak karıştırılmıştır. Wax ve numune karışımı daha sonra Die ataçmanı ile 13 kg/N basınçta preslenerek pellet haline getirilmiştir. Elde edilen pres pellet PanAnalytical marka Axios Max minerals model dalga boyu dağılımlı X-Ray Floresans cihazına konularak ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14b). Örneklerin ateşte kayıp değerleri (Loss of ignition) kül fırında 950 °C de 12 saat bekletilerek bulunmuştur.



Şekil 3.14. a) XRD cihazı b) XRF cihazı

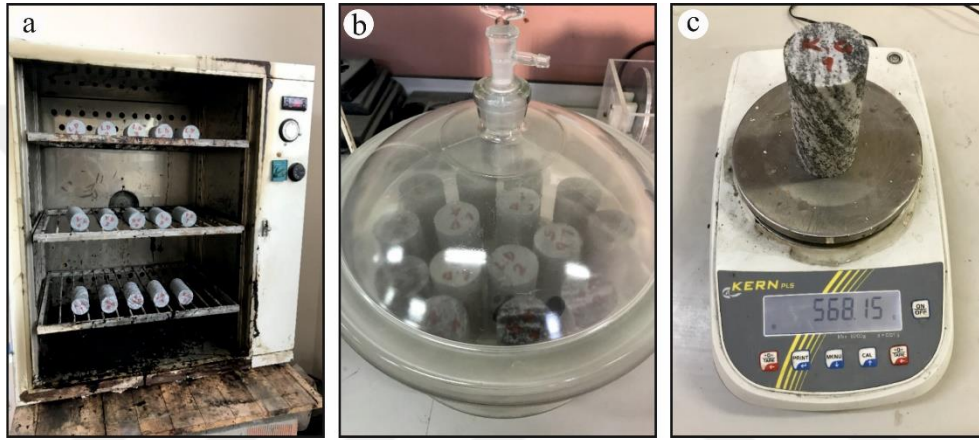
### 3.2.5. Fiziko-mekanik testler

#### 3.2.5.1. Kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık deneyi

Bu deney, belirli geometrik yapıya sahip kaya örneklerinin kütleli yoğunluğunu ve birim hacim ağırlığını tayin etmek amacıyla yapılır. Bu deneyde ISRM (2007) tarafından belirlenen yöntemler dikkate alınmıştır (Ulusay ve ark., 2011)

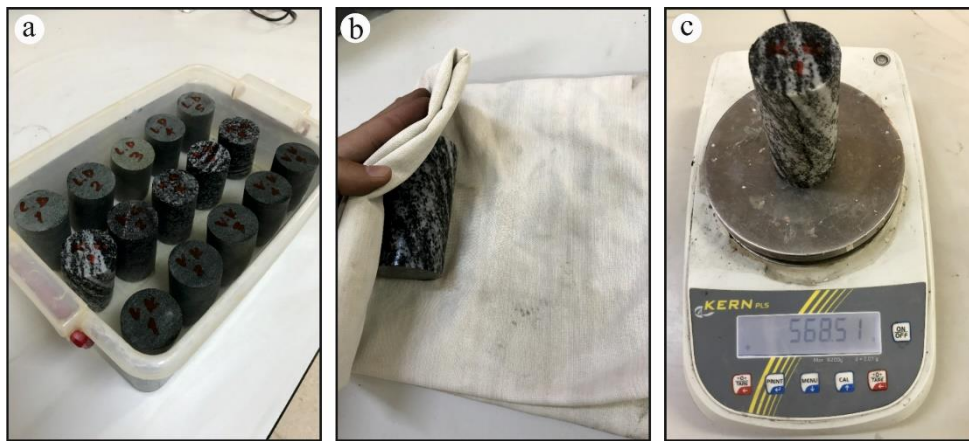
Silindirik karot şeklinde hazırlanan deney örneklerinin çapları ( $D$ ) ve boyları ( $L$ ) kompas yardımı ile ölçülür. Ölçülen çap ve boy değerleri ile karot örneklerinin hacmi ( $V$ ) hesaplanır.

Kuru halde yoğunluk ve kuru halde birim hacim ağırlık değerlerini tayin etmek için karot örnekleri  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye sabitlenmiş etüvde en az 24 saat kurutulur (Şekil 3.15a). 24 saat sonunda etüvden çıkarılan karot örnekleri soğumaları için 30 dakika kadar desikatörde bekletilir (Şekil 3.15b). Daha sonra hassas terazi yardımıyla karot örneklerinin kuru ağırlıkları ( $W_d$ ) hesaplanır (Şekil 3.15c).



Şekil 3.15. a) Etüvde kurutma b) desikatörde bekletme c) kuru ağırlık hesaplama

Suya doymun halde yoğunluk ve suya doymun halde birim hacim ağırlık değerlerini tayin etmek için karot örnekleri su dolu kaptan en az 24 saat bekletilir (Şekil 3.16a). 24 saat sonunda su içerisinde çıkarılan karot örneklerinin suya doymun yüzeyleri kuru bez ile kurulur (Şekil 3.16b). Daha sonra hassas terazi yardımıyla karot örneklerinin ıslak ağırlıkları ( $W_s$ ) hesaplanır (Şekil 3.16c).



Şekil 3.16. a) Suda bekletme b) yüzey kurulama c) ıslak ağırlık hesaplama

Hesaplanan  $W$  ve  $V$  değerleri esas alınarak, her örneğin yoğunluğu ( $\rho$ ) denklem 3.1 ve birim hacim ağırlığı ( $Y$ ) denklem 3.2'den hesaplanır:

$$\text{Yoğunluk} = \rho = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.1)$$

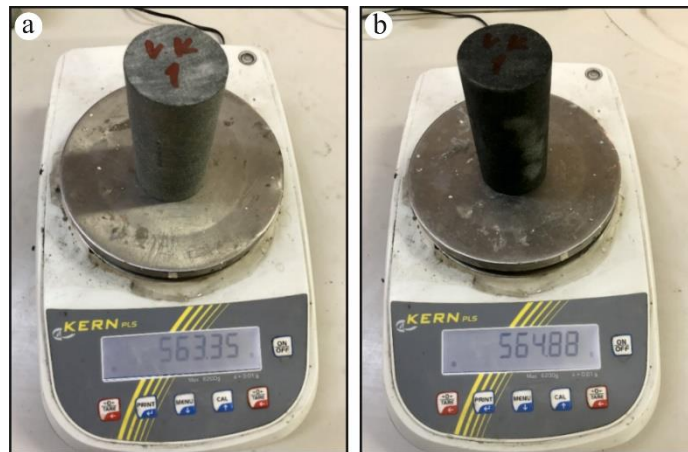
$$\text{Birim Hacim Ağırlık} = Y = \rho \times 9.81 \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (3.2)$$

### 3.2.5.2. Ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarının tayini

Bu deney, belirli geometriye sahip kaya örneklerinin ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarının tayini amacı ile yapılır. Bu deney için RILEM (1980) ve TSE (1978) tarafından belirlenen yöntemler dikkate alınmıştır (Ulusay ve ark., 2011).

Silindirik karot şeklinde hazırlanan deney örneklerinin çapları ( $D$ ) ve boyları ( $L$ ) kompas yardımı ile ölçülür. Ölçülen çap ve boy değerleri ile karot örneklerinin hacimleri ( $V$ ) hesaplanır.

Su emme oranlarını tayin etmek için karot örnekleri su dolu kaptan en az 12 saat bekletilir. 12 saat sonunda su içerisinden çıkarılan karot örneklerinin suya doymun yüzeyleri kuru bez ile kurulur ve sonrasında hassas terazi yardımıyla karot örneklerinin ıslak ağırlıkları ( $W_s$ ) hesaplanır (Şekil 3.17a). Daha sonra karot örnekleri 105 °C'ye sabitlenmiş etüvde en az 12 saat kurutulur. 12 saat sonunda etüvden çıkarılan karot örnekleri soğumaları için 30 dakika kadar desikatörde bekletilir ve sonrasında hassas terazi yardımıyla karot örneklerinin kuru ağırlıkları ( $W_d$ ) hesaplanır (Şekil 3.17b).



Şekil 3.17. a) Kuru ağırlık hesaplama b) ıslak ağırlık hesaplama

Örneklerin ağırlıkça su emme ( $A_W$ ) denklem 3.3 ve hacimce su emme ( $H_W$ ) denklem 3.4'ten hesaplanır:

$$\text{Ağırlıkça Su Emme (\%)} = A_W = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Hacimce Su Emme (\%)} = H_W = \frac{W_s - W_d}{V} \times 100 \quad (3.4)$$

### 3.2.5.3. Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma deneyi

Bu deney, silindir şeklindeki kayaç örneklerinin dayanımı ve bu dayanım değerlerine göre kayaçların sınıflandırılması amacıyla yapılır. Bu deneyde ISRM (2007) tarafından belirlenen yöntemler dikkate alınmıştır (Ulusay ve ark., 2011).

Silindirik karot şeklinde hazırlanan deney örneklerinin çapı ( $D$ ) ve boyu ( $L$ ) kompas yardımı ile ölçülür ve yüklemenin yapılacağı kesit alanı ( $A$ ) hesaplanır. Deneyde boy/çap ( $L/D$ ) oranı en az 2 olacak şekilde  $NQ$ (47.6 mm) ve  $NX$  (54.7 mm) çapları arasında kalan 50.0 mm çapında karotlar hazırlanmıştır (Şekil 3.18a, b, c).

Deneye tabi tutulacak karotlar seçilirken herhangi bir kırık ve çatlak içermemesine dikkat edilmelidir. Deneyden önce karotların alt ve üst yüzeyleri tıraşlanarak dümdüz ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmelidir.

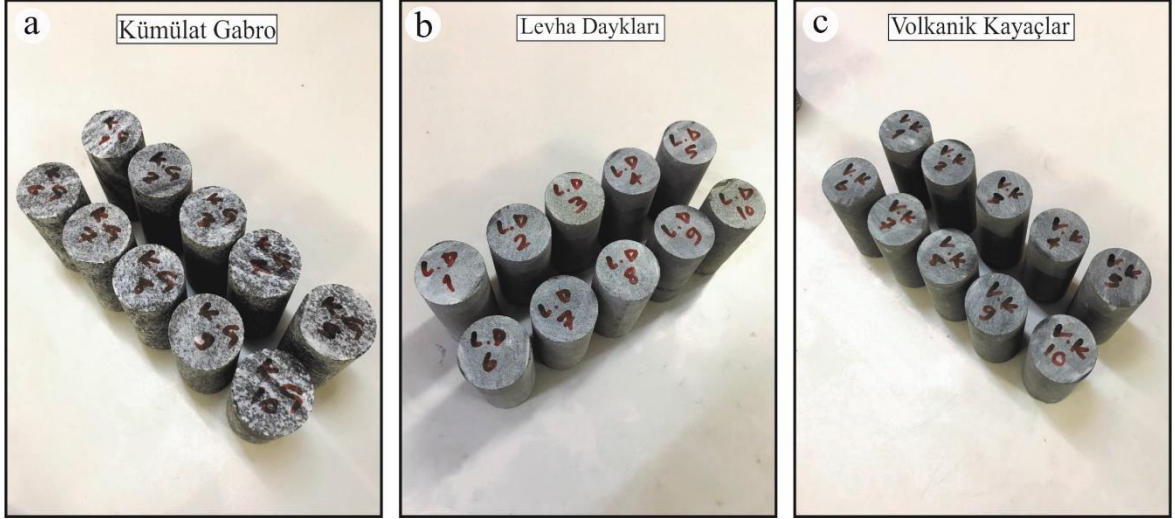
Deney için yeterli kapasite ve özelliklere sahip hidrolik pres makinesinin kullanılması gerekmektedir (Şekil 3.19a). Deneye başlamadan önce karotların kırılması esnasında kaya parçalarının etrafa sıçramasını engellemek amacıyla presin çevresinde bulunan kafesin kapağı kapatılmalıdır.

Hazırlanan karotlar hidrolik pres içerisinde bulunan alt ve üst tablanın tam merkezine düzgün bir şekilde yerleştirilir. Alt ve üst tabla arasında hiç boşluk kalmayacak şekilde karotlar sıkıştırılır (Şekil 3.19b). Daha sonra örnekle ilgili bilgiler (çap, boy vb.) bilgisayarlı sistem üzerinden girilerek deneye başlanır.

Örnek kırıldığı anda deney durdurularak örneğin kırıldığı andaki yük ( $F$ ) gösterge üzerinden okunarak sonuçlar kaydedilir (Şekil 3.19c). Deneyde kırılmanın 5 ila 10 dakika arasında veya yükleme hızı 0.5-1.0 MPa arasında olacak şekilde bir hız seçilmelidir.

Örneklerin tek eksenli basma dayanımı ( $\sigma_c$ ) denklem 3.5'ten hesaplanır:

$$\text{Tek eksenli basma dayanımı} = \sigma_c = \frac{F}{A} \text{ (MPa)} \quad (3.5)$$



Şekil 3.18. a, b, c). Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneyi için hazırlanan karot numuneler



Şekil 3.19. a) Hidrolik pres makinesi b) alt ve üst tabla arasında sıkıştırılan karot numunesi c) karotların kırılma şekilleri

İzotrop gabro bloklarından alınan karot örneklerinde boy/çap ( $L/D$ ) oranının 2'nin çok altında kalmasıyla standartlara ulaşamadığı için bu kayaç türü için tek eksenli basma dayanımı deneyi yapılamamıştır.

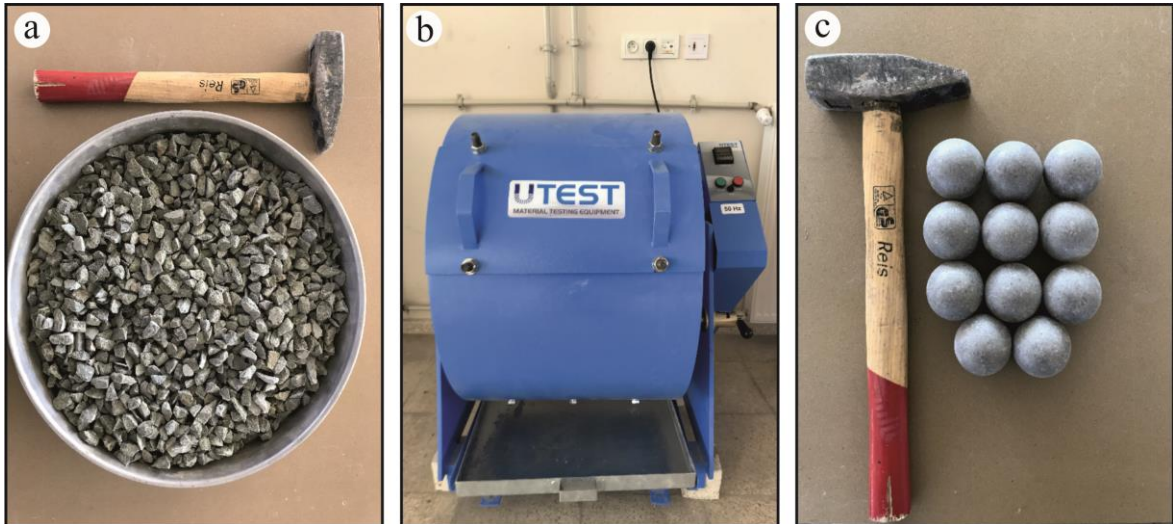
#### 3.2.5.4. Los Angeles parçalanma direnci deneyi

Bu deney, yapay ve doğal agregaların parçalanma direncini tayin etmek amacıyla yapılır. Bu deney için TS EN 1097-2 (Türk Standartları Enstitüsü, 2010) tarafından belirlenen yöntemler dikkate alınmıştır.

Deney örneklerinin hazırlanması için öncelikle büyük blok parçalar balyoz yardımı ile küçük parçalara ufaltılır. Daha sonra çeneli kırıcı kullanılarak deney için gerekli aralıklarda agrega boyutlarına ulaşılmaya çalışılır.

Deney, 10 mm ile 14 mm elekleri arasında kalan agregalara uygulanır. Deney için 5000 gr agrega numunesine ihtiyaç vardır (Şekil 3.20a). Hazırlanan agregalar iyice yıkanıp etüvde kurutulduktan sonra deneye hazır hale getirilir.

Los Angeles parçalanma direncinin tayin edilmesi için agregalar, motorlu tamburda (Şekil 3.20b) 11 adet çelik bilye (Şekil 3.20c) ile dakikada 33 devir yapacak şekilde 1000 devir döndürülür. Motorlu tamburun kapak kısmı sıkıca kapatılarak toz sızdırmamasına dikkat edilir.



Şekil 3.20. a) 10-14 mm arası agrega numunesi b) motorlu tambur c) çelik bilye

Dönme işlemi tamamlandıktan sonra motorlu tamburun kapağı açılıp altındaki tepsiye dikkatli bir şekilde boşaltılır. Tepsiyeye alınan malzeme 1.6 mm açıklıklı elekten elenerek elek üzerinde kalan malzemenin miktarı ( $m$ ) belirlenir (Şekil 3.21a, b, c).

Los Angeles katsayısı ( $LA$ ) denklem 3.6'dan hesaplanır:

$$\text{Los Angeles Katsayısı} = LA = \frac{5000-m}{5000} \times 100 \quad (3.6)$$



Şekil 3.21. a) Tepsiyeye alınan malzeme b) 1.6 mm açıklıklı elekten eleme c) aşınan malzeme

### 3.2.5.5. Magnezyum sülfat donma çözülme deneyi

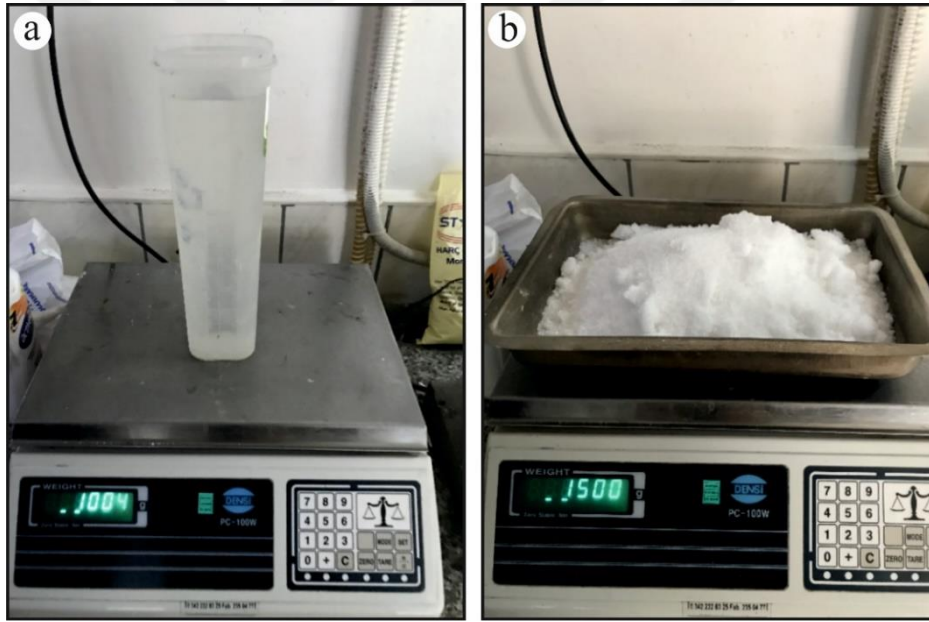
Bu deney, agregaların periyodik olarak magnezyum sülfata daldırılması ve devamında etüvde kurutulması ile agregada meydana gelen kütle değişiminin tayini için yapılır. Bu deney için TS EN 1367-2 (Türk Standartları Enstitüsü, 2010) tarafından belirlenen yöntemler dikkate alınmıştır.

Deney, 10 mm ile 14 mm elekleri arasında kalan agregalara uygulanır. Deney için en az 500 gr agrega numunesine ( $M_1$ ) ihtiyaç vardır (Şekil 3.22a). Hazırlanan agregalar iyice yıkanıp etüvde kurutulduktan sonra deneye hazır hale getirilir (Şekil 3.22b).

Magnezyum sülfat çözeltisi hazırlanırken 1 litre saf su içerisine 1500 gr magnezyum sülfat kristalleri yavaş yavaş eklenerek su içerisinde çözdürülür (Şekil 3.23a, b). Deney için en az 3 litre su 4500 gr magnezyum sülfat gereklidir.



Şekil 3.22. a) 10-14 mm arası agrega numunesi b) etüvde kurutulan malzeme



Şekil 3.23. a) 1 litre saf su b) 1500 gr magnezyum sülfat çözeltisi

Deney için hazırlanan agrega numuneleri 17 saat boyunca doymun magnezyum sülfat çözeltisine daldırılır (Şekil 3.24a). Daldırma işleminden sonra agregalar çözülden çıkarılarak suyu süzülür ve etüvde 24 saat boyunca kurutulur (Şekil 3.24b).



Şekil 3.24. a) Magnezyum sülfat çözeltisine daldırma b) etüvde kurutma

Kuruyan agregalar oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar daldırma işlemi yapılır. Bu işlemler 48 saat süre ile 10 defa ardı ardına tekrar edilir. İşlemlerin 10. defa tekrar edilmesinden sonra fırından çıkarılan agrega soğutulur ve magnezyum sülfattan tamamen temizlenene kadar su ile yıkanır (Şekil 3.25a).



Şekil 3.25. a) Su ile yıkama b) 10 mm'lik elekten eleme c) elek üzeri malzeme

Yıkanan agregalar kuruduktan sonra 10 mm'lik elekten elenir ve elek üzerinde kalan malzeme ( $M_2$ ) tartılarak değerler kaydedilir (Şekil 3.25b, c).

Magnezyum Sülfat değeri ( $MS$ ) denklem 3.7'den hesaplanır:

$$\text{Magnezyum Sülfat Değeri} = MS = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (3.7)$$

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının (kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları, volkanik kayaçlar) balast malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal, fiziksel ve mekanik parametreleri belirlenerek balast malzemesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

### 4.1. Bulgular

#### 4.1.1. Mineralojik ve petrografik analiz sonuçları

##### 4.1.1.1. Mikroskop incelemeleri

Kayaçlardan elde edilen ince kesitlerin petrografik determinasyonlarının yapılması sonucunda her bir kayaç numunesi için tespit edilen mineralojik ve petrografik özellikler aşağıda verilmektedir.

*Kayaç Adı:* Kümülat gabro (Olivinli gabro)

*Doku:* Granüler–poikilitik

*Plajiyoklas:* Orta irilikte öz şekilsiz ve yarı öz şekilli tanelerden oluşan plajiyoklaslar kayacın hâkim mineralini temsil etmektedir. Kayaçta büyük bir çoğunluğu bağımsız kristallerden meydana gelirken bir kısım plajiyoklaslar ise olivinlerin ve klinopiroksenlerin içerisinde kapanım şeklinde yer alarak poikilitik doku oluşturmaktadır. Yaklaşık % 65-70 dolaylarında yer almaktadır (Şekil 4.1a, b).

*Olivin:* Kayacın ikinci hâkim mineralini oluşturan olivinlere % 25-30 dolaylarında rastlanmaktadır. Hemen hemen tamamı öz şekilsiz kristallerden meydana gelen olivinler canlı girişim renkleri ile dikkat çekmektedir. Ayrıca bol çatlaklı olmaları ve bu çatlaklarında opak mineral gelişimleri karakteristiktir. Bazılarının içerisinde plajiyoklas kapanımları yer almaktadır. Çatlaklarından itibaren serpantinleşme şeklinde sekonder alterasyon sunmaktadırlar (Şekil 4.1a, b).

*Klinopiroksen:* Kayacın temel piroksen türünü temsil etmektedir. Yaklaşık % 10 dolaylarında yer almaktadır. İkinci dizinim bordo, mavi, sarı, yeşil renklerinde polarize olmaktadır ve büyük bir kısmında (tamamında) tek yönlü gelişmiş mükemmel dilinim izleri gözlenmektedir. Eksolüsyon lamelleri içermektedirler (Şekil 4.1a, b).

*Opak Mineral:* Çoğunluğu olivinlerin çatlaklarına yerleşmiş sekonder opak mineral olmak üzere bir kısmı da düzgün kenar ve köşelere sahip olarak izlenen primer opak mineral olarak gözlenmektedir. Her iki grubunda manyetit olabilecekleri tahmin edilmektedir.

*Kayaç adı:* İzotrop gabro (Gabro)

*Doku:* Granüler

*Plajiyoklas:* Çoğunluğu prizmatik şekilli polisentetik ikizlenmeli plajiyoklaslar kayaçta baskın minerali oluşturmaktadırlar. Kaolenleşme ve serizitleşme gibi yoğun alterasyon izlenmektedir (Şekil 4.1c, d).

*Klinopiroksen:* Yüksek girişim renklerine sahip klinopiroksenler bu kayaçta aşırı alterasyon göstermekte olup uralitleşme sunmaktadır (Şekil 4.1c, d).

*Opak mineral:* Çoğunluğu sekonder opak mineral olarak yer almaktadır. Manyetit olabilecekleri düşünülmektedir.

Bu örnekte kayaç, bölgede ofiyolitik istifi kesen Esence granitoidlerine ait felsik intrüzif kayaçlardan etkilenmiş olup mikrografik dokuda sunmaktadır (Şekil 4.1c, d).

*Kayaç Adı:* Levha dayk (Diyabaz)

*Doku:* Ofitik-doleritik

*Plajiyoklas:* Kayaçta hâkim minerali oluşturan plajiyoklas genellikle orta irilikte latalardan meydana gelmektedir. Bu latalar bazen uçlarından birbirine temas ederek kayacında genel dokusu olan ve üçgenimsi boşluklar oluşturan diyabazik dokuyu meydana getirmektedir. Plajiyoklas yaklaşık % 60 dolaylarında yer almaktadır. Polisentetik ikizlerin belirginliği kayaçta değişiklik göstermektedir. Fakat özellikle orta irilikteki çubuksu kristallerde belirgin olarak görülmektedir. Bazı plajiyoklaslarda albitleşme sekonder alterasyon sunmaktadır (Şekil 4.1e, f).

*Piroksen:* Kayaçta temel ferromagnezyen mineralleri oluşturan piroksen, çoğunlukla öz şekilsiz orta irilikte veya küçük kristallerden meydana gelmektedir. Uralitleşme şeklinde alterasyon sunmaktadır.

*Klorit:* Ferromagnezyen minerallerin aleyhine oluşan klorit, mavi-lacivert girişim renklerinde çimen yeşili pleokroizma ile dikkat çekmektedir (Şekil 4.1e, f).

*Epidot:* Kloritler gibi özellikle ikincil alterasyon ürünü olarak plajiyoklasların aleyhine gelişmiş olarak yer almaktadır. Canlı girişim renkleri ve limon sarısı şeklinde pleokroizma ile dikkat çekmektedir.

*Opak Mineral:* Büyük bir kısmı primer ve bir kısmı da sekonder opak mineral olarak izlenmektedir. Manyetit olabilecekleri tahmin edilmektedir.

*Kayaç Adı:* Volkanik kayaç (Bazalt)

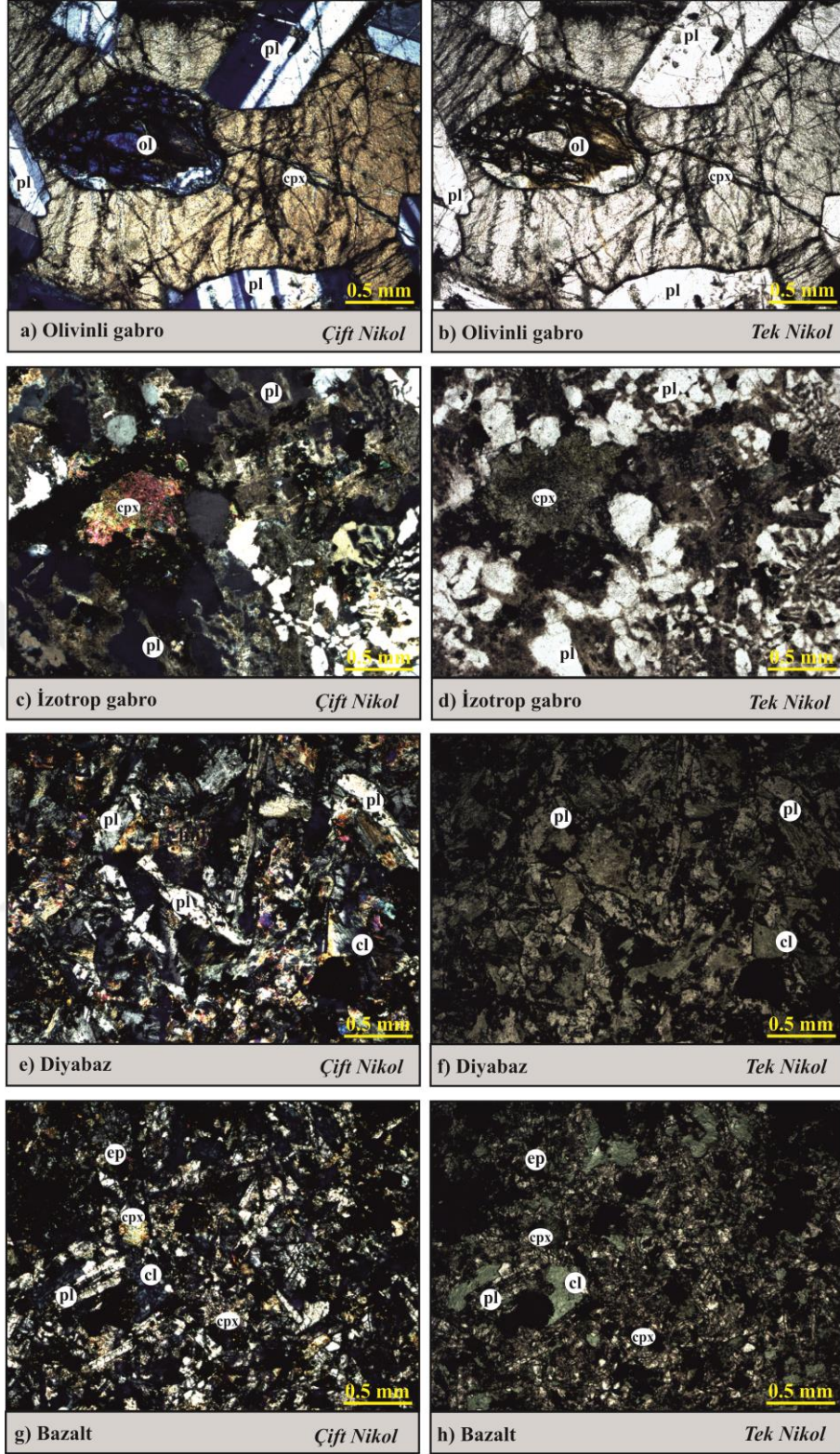
*Doku:* Entersertal - amigdaloidal

*Plajiyoklas:* Kayaçın hâkim minerali olarak yer almaktadır. Bir kısmı orta irilikte polisentetik ikizlenme ile belirgin kristallerden meydana gelirken diğer bir kısmı ise mikrolitlerden meydana gelmektedir. Yaklaşık % 50 dolaylarında olup hâkim minerali temsil etmektedirler (Şekil 4.1g, h).

*Klorit:* Kayaçta ferromagnezyen minerallerinin aleyhinde gelişmiş ya da kayaçta yer alan vesiküllerin doldurulması sonucu amigdaloidal dokuyu oluşturan boşluk dolgusu şeklinde sekonder mineraller şeklinde görülmektedir. Mavi-lacivert girişim renklerinde (polarizasyon) ve çimen yeşili pleokroizma göstermeleriyle dikkat çekmektedirler. Yaklaşık % 30 dolaylarında yer almaktadırlar (Şekil 4.1g, h).

*Epidot:* Klorite nazaran daha az miktarda yer alan canlı girişim renkleri limon sarısı pleokroizması ile kendini göstermektedir. Yaklaşık % 5 dolaylarında yer almaktadır (Şekil 4.1g, h).

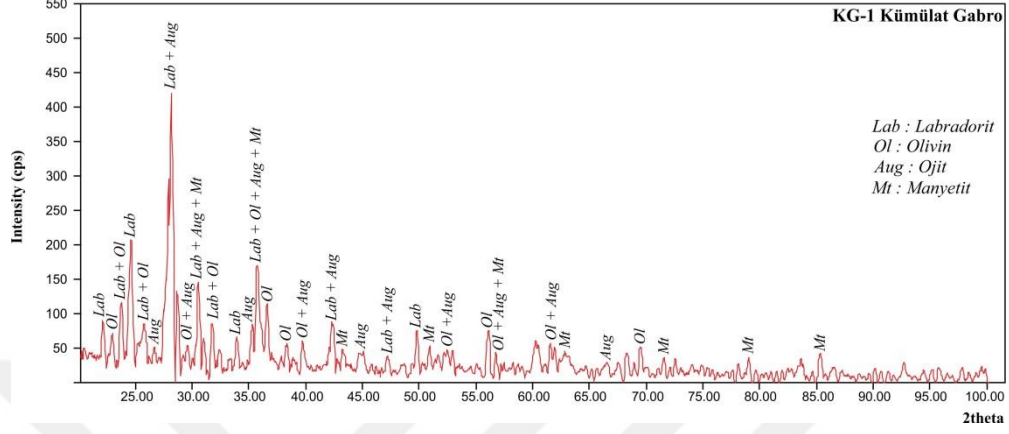
*Opak mineraller:* Bir kısmı primer bir kısmı sekonder iki tür jenezeye ait opak mineraller izlenmektedir. Primer opaklar düzgün kenar ve köşelere sahip olmalarıyla diğer minerallerden dönüşen sekonder opaklardan ayrılmaktadır. Manyetit olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.1. a, b) Kümülat gabro c, d) izotrop gabro, e, f) levha daykları g, h) volkanik kayaların mikroskop görüntüleri (pl: plajiklas, ol: olivin, cpx: klinopiroksen, cl: klorit, ep: epidot)

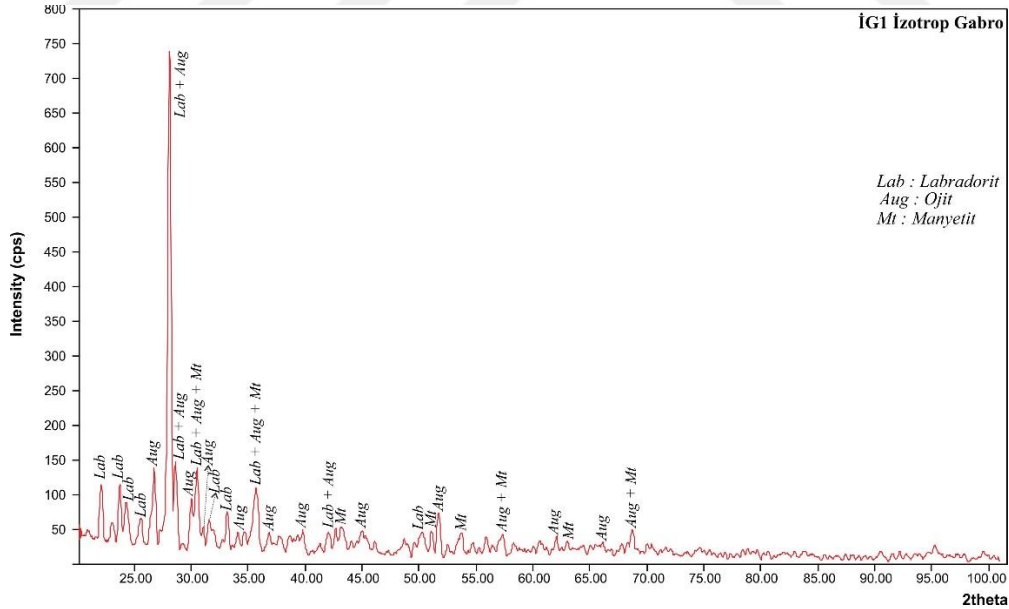
#### 4.1.1.2. XRD Analizleri

Kümülât gabrolar için yapılan XRD analizi sonucunda Şekil 4.2’de elde edilen grafikte gösterildiği gibi plajiyoklas (labradorit), olivin, piroksen (ojit) ve manyetit pikleri belirlenmiştir.



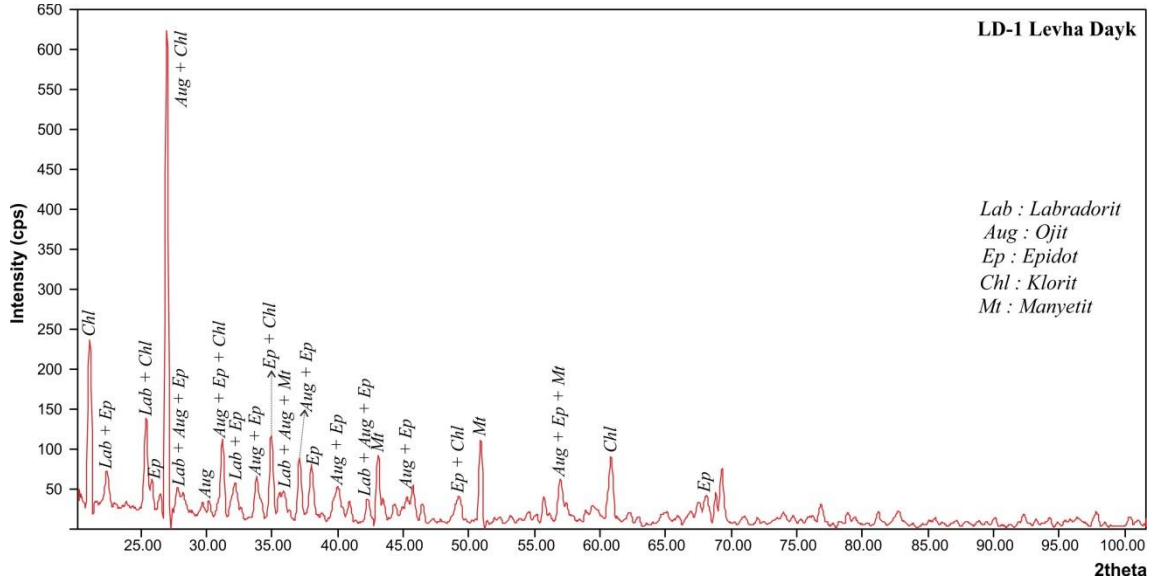
Şekil 4.2. Kümülât gabro XRD grafiği

İzotrop gabrolar için yapılan XRD analizi sonucunda Şekil 4.3’te elde edilen grafikte gösterildiği gibi plajiyoklas (labradorit), piroksen (ojit) ve manyetit pikleri belirlenmiştir.



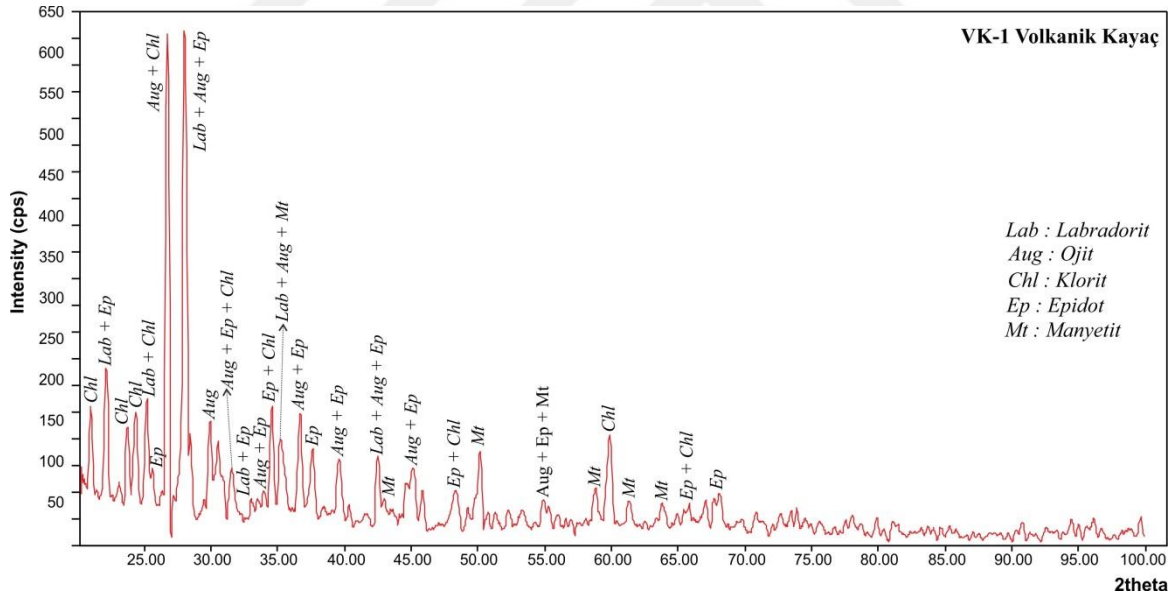
Şekil 4.3. İzotrop gabro XRD grafiği

Levha daykları için yapılan XRD analizi sonucunda Şekil 4.4’te elde edilen grafikte gösterildiği gibi plajiyoklas (labradorit), piroksen (ojit), epidot, klorit ve manyetit pikleri belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Levha daykı XRD grafiği

Volkanik kayalar için yapılan XRD analizi sonucunda Şekil 4.5'te elde edilen grafikte gösterildiği gibi plajiyoklas (labradorit), piroksen (ojit), epidot, klorit ve manyetit pikleri belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Volkanik kayalar XRD grafiği

XRD grafiklerinde belirlenen mineral pikleri, polarizan mikroskop incelemelerini destekler niteliktedir. Grafikler incelendiğinde mineral pikleri genellikle belirgin desen sunmakta olup bazı kısımlarda ise birbirine yakın ve karmaşık görünümlü desen ilişkileri sunmaktadır. Bu yakın ve karmaşık görünümlü desen ilişkilerinin alterasyon sebebiyle oluştuğu düşünölmektedir.

#### 4.1.2. Jeokimyasal analizler

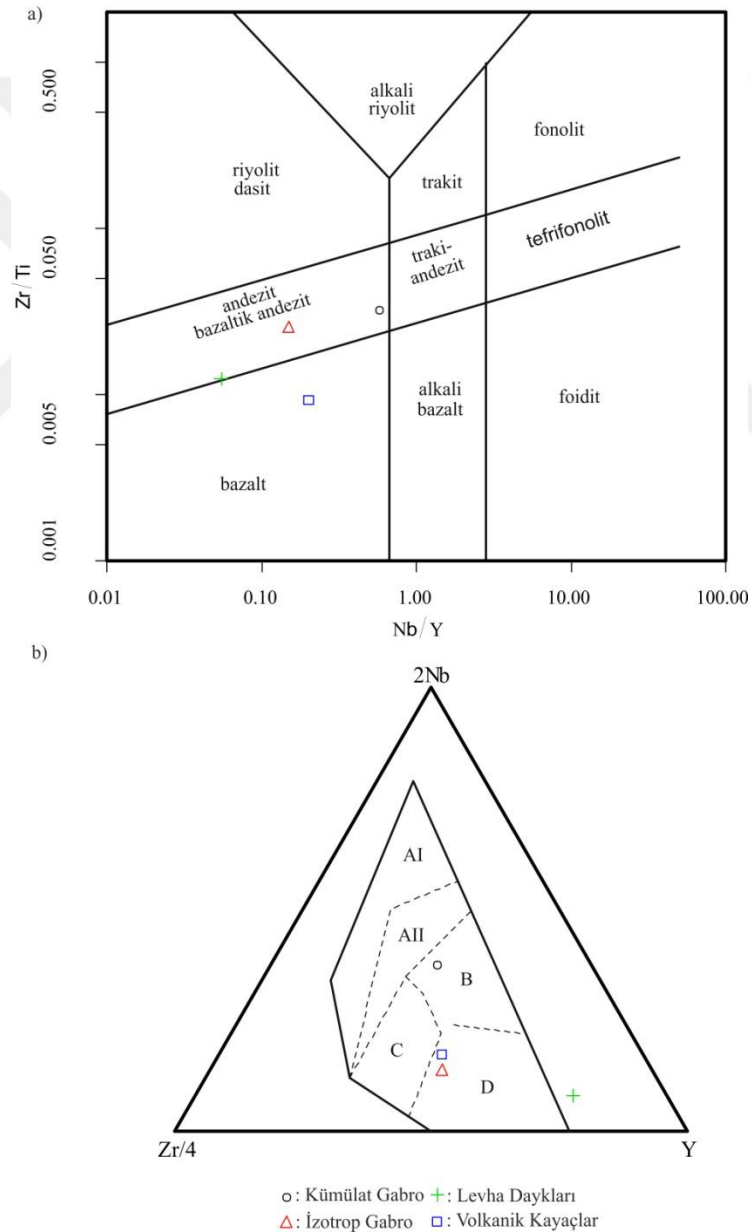
Kayaçların jeokimyasal özelliklerini tayin etmek amacıyla her bir kayaç grubu için X-Ray Floresans (XRF) yöntemiyle majör ve minör element analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının jeokimyasal analiz sonuçları

Element / Kayaç	Kümülat Gabro (KG)	İzotrop Gabro (İG)	Levha Daykları (LD)	Volkanik Kayaçlar (VK)
SiO <sub>2</sub> (%)	42.31	63.33	51.79	49.86
TiO <sub>2</sub> (%)	0.12	1.08	1.28	1.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	15.04	12.99	12.30	13.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	7.25	8.16	12.86	12.15
MnO (%)	0.11	0.08	0.15	0.17
MgO (%)	13.15	2.51	6.59	6.82
CaO (%)	13.21	5.12	7.51	6.65
Na <sub>2</sub> O (%)	0.50	4.67	2.12	2.76
K <sub>2</sub> O (%)	-	0.201	-	0.003
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.018	0.118	1.026	0.133
SO <sub>3</sub> (%)	0.11	0.02	-	0.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.076	0.003	0.011	0.007
<b>Kızdırma Kaybı</b>	<b>2.60</b>	<b>0.85</b>	<b>2.47</b>	<b>4.37</b>
<b>Toplam</b>	<b>94.50</b>	<b>99.13</b>	<b>98.10</b>	<b>97.60</b>
Cl (ppm)	252.2	221.3	200.4	191.4
Sc (ppm)	16.9	24.4	24.2	26.9
Ni (ppm)	238.3	4.9	20.4	14.0
Cu (ppm)	53.8	66.1	-	6.2
Zn (ppm)	25.1	11.9	29.7	134.8
Ga (ppm)	14.8	18.7	16.5	16.7
Ge (ppm)	1.3	1.0	0.7	1.0
Rb (ppm)	13.5	16.5	12.3	12.9
Sr (ppm)	223.8	249.2	316.8	269.1
Y (ppm)	6.2	44.3	95.1	22.9
Zr (ppm)	22.9	160.9	95.1	82.7
Nb (ppm)	3.56	6.6	5.2	4.6
Sb (ppm)	6.1	3.8	6	1.1
Ba (ppm)	26.5	58.7	25	14.6
Sm (ppm)	-	0.2	-	0.2
Gd (ppm)	-	2.0	4.2	2.2
Hf (ppm)	9.9	11.4	19.1	16.8

Pearce (1986) tarafından oluşturulan Zr/Ti–Nb/Y değişimine göre yapılan kayaç sınıflandırma diyagramına göre kümülat gabrolar ve izotrop gabrolar andezit-bazaltik andezit alanına, levha daykları andezit-bazaltik andezit ile bazalt arasındaki sınıra ve volkanik kayaçlar ise bazalt alanına düşmüştür (Şekil 4.6a).

Meschede (1986) tarafından oluşturulan Nb-Zr-Y uç bileşenlerinden meydana gelen tektonomagmatik diskriminasyon diyagramına göre kümülat gabrolar hariç tüm kayaçlar yay ile ilişkili ortamı gösteren alanlara düşmekte olup bu durumda Göksun ofiyolitine ait kayaçların okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde oluşan kayaçların tipik özelliklerini sunduğunu ortaya koymaktadır. (Şekil 4.6b).



Şekil 4.6. a) Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kayaç sınıflandırma (Pearce, 1986) b) tektonomagmatik ortam belirleme (Meschede,1986) diyagramları

### 4.1.3. Fiziko - mekanik test sonuçları

#### 4.1.3.1. Kuru ve suya doymun halde birim hacim ağırlık deneyi

Kümülat gabrolar için yapılan kuru ve suya doymun birim hacim ağırlıkları sırasıyla Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmektedir. Kümülat gabrolarda kuru yoğunluk değerleri 2.872 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.982 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları 28.174 kN/m<sup>3</sup> ile 29.253 kN/m<sup>3</sup> arasında değişirken (Çizelge 4.2) suya doymun yoğunluk değerleri 2.873 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.984 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları ise 28.184 kN/m<sup>3</sup> ile 29.273 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 4.3)

Çizelge 4.2. Kümülat gabrolar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	568.15 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.894 gr/cm <sup>3</sup>	28.390 kN/m <sup>3</sup>
2	585.46 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.982 gr/cm <sup>3</sup>	29.253 kN/m <sup>3</sup>
3	581.53 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.962 gr/cm <sup>3</sup>	29.057 kN/m <sup>3</sup>
4	563.93 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.872 gr/cm <sup>3</sup>	28.174 kN/m <sup>3</sup>
5	574.55 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.926 gr/cm <sup>3</sup>	28.704 kN/m <sup>3</sup>
6	578.52 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.946 gr/cm <sup>3</sup>	28.900 kN/m <sup>3</sup>
7	578.08 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.944 gr/cm <sup>3</sup>	28.881 kN/m <sup>3</sup>
8	568.58 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.896 gr/cm <sup>3</sup>	28.410 kN/m <sup>3</sup>
9	565.47 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.880 gr/cm <sup>3</sup>	28.253 kN/m <sup>3</sup>
10	567.76 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.892 gr/cm <sup>3</sup>	28.371 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.919 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>28.639 kN/m<sup>3</sup></b>

Çizelge 4.3. Kümülat gabrolar için suya doymun yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	568.51 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.895 gr/cm <sup>3</sup>	28.400 kN/m <sup>3</sup>
2	585.91 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.984 gr/cm <sup>3</sup>	29.273 kN/m <sup>3</sup>
3	581.71 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.963 gr/cm <sup>3</sup>	29.067 kN/m <sup>3</sup>
4	564.19 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.873 gr/cm <sup>3</sup>	28.184 kN/m <sup>3</sup>
5	574.74 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.927 gr/cm <sup>3</sup>	28.714 kN/m <sup>3</sup>
6	578.69 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.947 gr/cm <sup>3</sup>	28.910 kN/m <sup>3</sup>
7	578.26 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.945 gr/cm <sup>3</sup>	28.890 kN/m <sup>3</sup>
8	568.76 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.897 gr/cm <sup>3</sup>	28.420 kN/m <sup>3</sup>
9	565.64 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.881 gr/cm <sup>3</sup>	28.263 kN/m <sup>3</sup>
10	567.88 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.892 gr/cm <sup>3</sup>	28.371 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.920 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>28.649 kN/m<sup>3</sup></b>

İzotrop gabrolar için yapılan kuru ve suya doymun birim hacim ağırlıkları sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmektedir. İzotrop gabrolarda kuru yoğunluk değerleri 2.531 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.780 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları 24.829 kN/m<sup>3</sup> ile 27.272 kN/m<sup>3</sup> arasında değişirken (Çizelge 4.4) suya doymun yoğunluk değerleri 2.545 gr/cm<sup>3</sup> ile 2.796 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları ise 24.966 kN/m<sup>3</sup> ile 27.429 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 4.5)

Çizelge 4.4. İzotrop gabrolar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	81.66 gr	31.42 cm <sup>3</sup>	2.599 gr/cm <sup>3</sup>	25.496 kN/m <sup>3</sup>
2	87.16 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.611 gr/cm <sup>3</sup>	25.614 kN/m <sup>3</sup>
3	132.18 gr	49.09 cm <sup>3</sup>	2.693 gr/cm <sup>3</sup>	26.418 kN/m <sup>3</sup>
4	69.57 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.531 gr/cm <sup>3</sup>	24.829 kN/m <sup>3</sup>
5	92.17 gr	35.34 cm <sup>3</sup>	2.608 gr/cm <sup>3</sup>	25.584 kN/m <sup>3</sup>
6	69.65 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.534 gr/cm <sup>3</sup>	24.859 kN/m <sup>3</sup>
7	88.28 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.645 gr/cm <sup>3</sup>	25.947 kN/m <sup>3</sup>
8	72.13 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.624 gr/cm <sup>3</sup>	25.741 kN/m <sup>3</sup>
9	88.85 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.662 gr/cm <sup>3</sup>	26.114 kN/m <sup>3</sup>
10	81.90 gr	29.45 cm <sup>3</sup>	2.780 gr/cm <sup>3</sup>	27.272 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.629 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>25.787 kN/m<sup>3</sup></b>

Çizelge 4.5. İzotrop gabrolar için suya doymun yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	82.13 gr	31.42 cm <sup>3</sup>	2.614 gr/cm <sup>3</sup>	25.643 kN/m <sup>3</sup>
2	87.58 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.624 gr/cm <sup>3</sup>	25.741 kN/m <sup>3</sup>
3	132.74 gr	49.09 cm <sup>3</sup>	2.704 gr/cm <sup>3</sup>	26.526 kN/m <sup>3</sup>
4	69.96 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.545 gr/cm <sup>3</sup>	24.966 kN/m <sup>3</sup>
5	92.63 gr	35.34 cm <sup>3</sup>	2.621 gr/cm <sup>3</sup>	25.712 kN/m <sup>3</sup>
6	70.02 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.547 gr/cm <sup>3</sup>	24.986 kN/m <sup>3</sup>
7	88.75 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.659 gr/cm <sup>3</sup>	26.085 kN/m <sup>3</sup>
8	72.53 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	2.638 gr/cm <sup>3</sup>	25.879 kN/m <sup>3</sup>
9	89.32 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	2.676 gr/cm <sup>3</sup>	26.252 kN/m <sup>3</sup>
10	82.34 gr	29.45 cm <sup>3</sup>	2.796 gr/cm <sup>3</sup>	27.429 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.642 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>25.922 kN/m<sup>3</sup></b>

Levha daykları için yapılan kuru ve suya doymun birim hacim ağırlıkları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’te verilmektedir. Levha dayklarında kuru yoğunluk değerleri 2.879 gr/cm<sup>3</sup> ile 3.053 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları 28.243 kN/m<sup>3</sup> ile 29.508 kN/m<sup>3</sup> arasında değişirken (Çizelge 4.6) suya doymun yoğunluk değerleri 2.892 gr/cm<sup>3</sup> ile 3.068 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları ise 28.370 kN/m<sup>3</sup> ile 30.097 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Levha daykları için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	589.62 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.003 gr/cm <sup>3</sup>	29.459 kN/m <sup>3</sup>
2	578.04 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.944 gr/cm <sup>3</sup>	28.881 kN/m <sup>3</sup>
3	599.45 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.053 gr/cm <sup>3</sup>	29.950 kN/m <sup>3</sup>
4	566.81 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.887 gr/cm <sup>3</sup>	28.321 kN/m <sup>3</sup>
5	576.22 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.935 gr/cm <sup>3</sup>	28.792 kN/m <sup>3</sup>
6	575.71 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.932 gr/cm <sup>3</sup>	28.763 kN/m <sup>3</sup>
7	568.84 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.897 gr/cm <sup>3</sup>	28.420 kN/m <sup>3</sup>
8	590.61 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.008 gr/cm <sup>3</sup>	29.508 kN/m <sup>3</sup>
9	565.22 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.879 gr/cm <sup>3</sup>	28.243 kN/m <sup>3</sup>
10	575.19 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.929 gr/cm <sup>3</sup>	28.733 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.947 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>28.907 kN/m<sup>3</sup></b>

Çizelge 4.7. Levha daykları için suya doymun yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	592.29 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.017 gr/cm <sup>3</sup>	29.597 kN/m <sup>3</sup>
2	579.83 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.953 gr/cm <sup>3</sup>	28.969 kN/m <sup>3</sup>
3	602.33 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.068 gr/cm <sup>3</sup>	30.097 kN/m <sup>3</sup>
4	569.28 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.899 gr/cm <sup>3</sup>	28.439 kN/m <sup>3</sup>
5	578.86 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.948 gr/cm <sup>3</sup>	28.920 kN/m <sup>3</sup>
6	577.34 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.940 gr/cm <sup>3</sup>	28.841 kN/m <sup>3</sup>
7	572.20 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.914 gr/cm <sup>3</sup>	28.586 kN/m <sup>3</sup>
8	592.97 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.020 gr/cm <sup>3</sup>	29.626 kN/m <sup>3</sup>
9	567.77 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.892 gr/cm <sup>3</sup>	28.370 kN/m <sup>3</sup>
10	577.97 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.944 gr/cm <sup>3</sup>	28.881 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.960 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>29.033 kN/m<sup>3</sup></b>

Volkanik kayalar için yapılan kuru ve suya doymun birim hacim ağırlıkları sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’te verilmektedir. Volkanik kayalar yoğunluk değerleri 2.852 gr/cm<sup>3</sup> ile 3.016 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları 27.978 kN/m<sup>3</sup> ile 29.587 kN/m<sup>3</sup> arasında değişirken (Çizelge 4.8) suya doymun yoğunluk değerleri 2.859 gr/cm<sup>3</sup> ile 3.022 gr/cm<sup>3</sup>, birim hacim ağırlıkları ise 28.047 kN/m<sup>3</sup> ile 29.646 kN/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.8. Volkanik kayalar için kuru yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

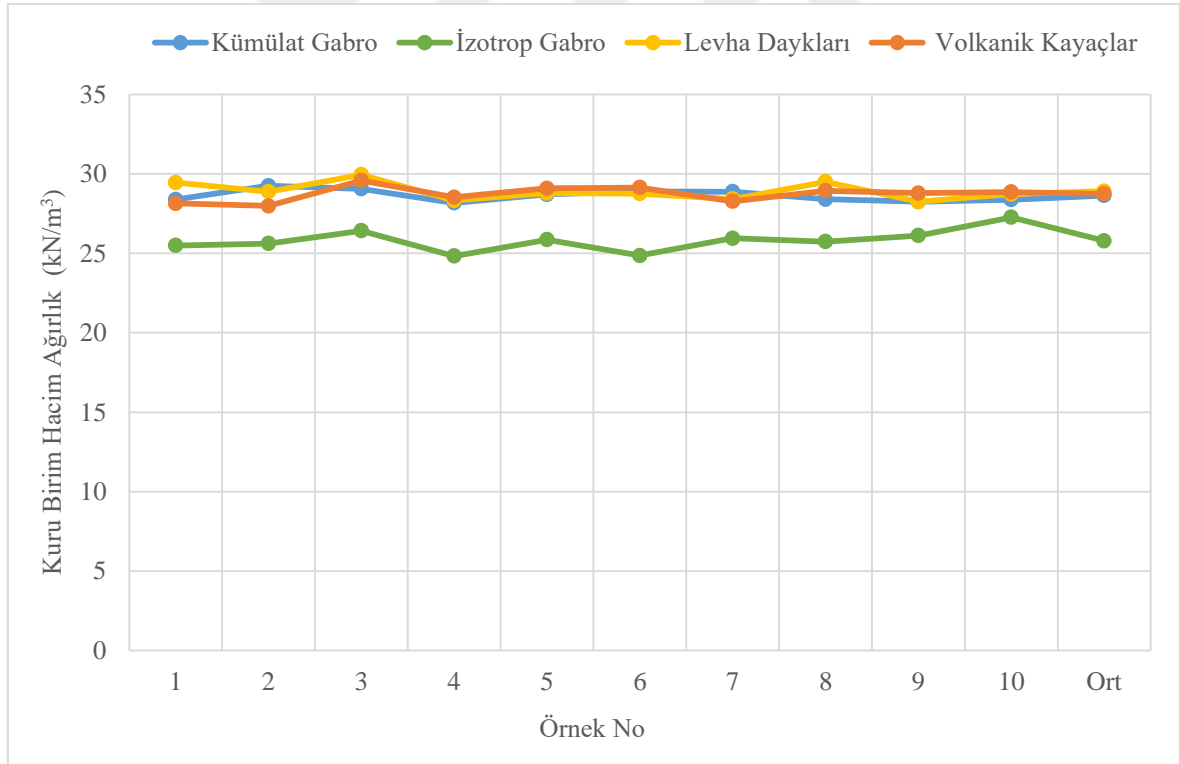
Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	563,35 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.869 gr/cm <sup>3</sup>	28.145 kN/m <sup>3</sup>
2	559.95 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.852 gr/cm <sup>3</sup>	27.978 kN/m <sup>3</sup>
3	592.24 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.016 gr/cm <sup>3</sup>	29.587 kN/m <sup>3</sup>
4	571.04 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.908 gr/cm <sup>3</sup>	28.527 kN/m <sup>3</sup>
5	582.21 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.965 gr/cm <sup>3</sup>	29.087 kN/m <sup>3</sup>
6	583.42 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.971 gr/cm <sup>3</sup>	29.146 kN/m <sup>3</sup>
7	565.89 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.882 gr/cm <sup>3</sup>	28.272 kN/m <sup>3</sup>
8	579.18 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.950 gr/cm <sup>3</sup>	28.940 kN/m <sup>3</sup>
9	576.36 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.935 gr/cm <sup>3</sup>	28.792 kN/m <sup>3</sup>
10	577.75 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.942 gr/cm <sup>3</sup>	28.861 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.929 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>28.734 kN/m<sup>3</sup></b>

Çizelge 4.9. Volkanik kayalar için suya doymun yoğunluk ve birim hacim ağırlık değerleri

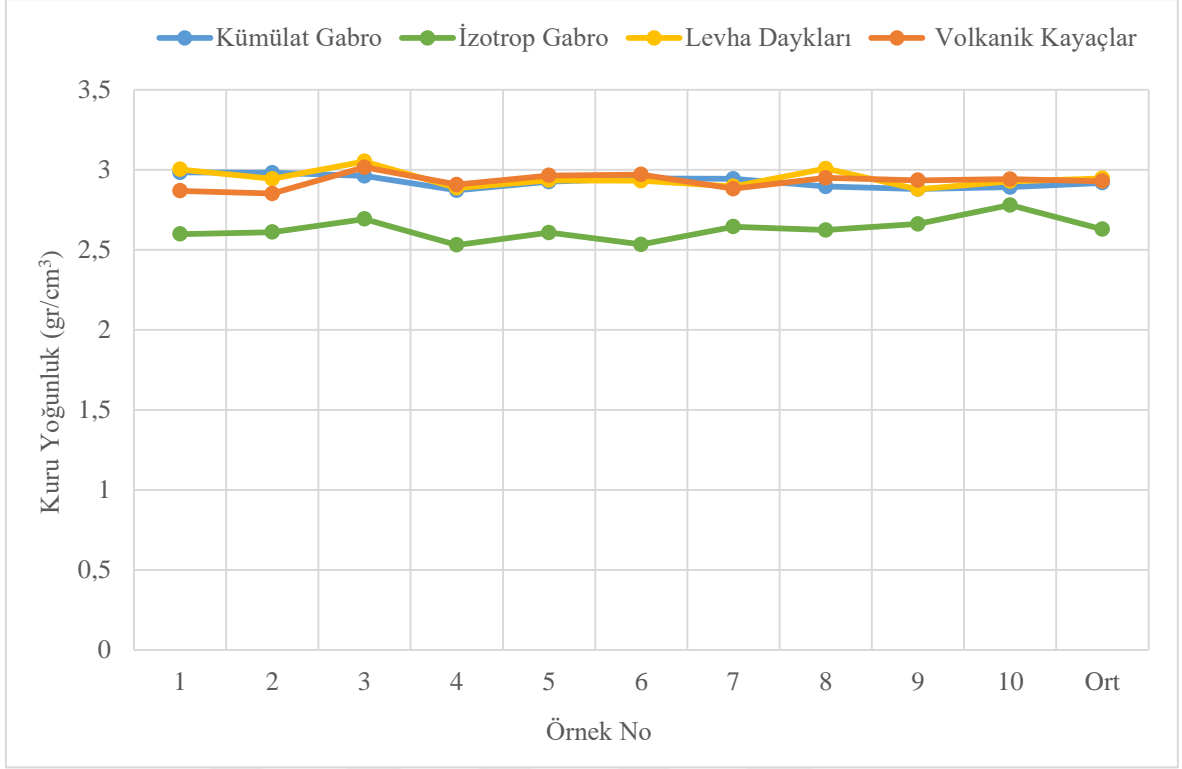
Örnek No	Ağırlık	Hacim	Yoğunluk	Birim Hacim Ağırlık
1	564.88 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.877 gr/cm <sup>3</sup>	28.223 kN/m <sup>3</sup>
2	561.40 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.859 gr/cm <sup>3</sup>	28.047 kN/m <sup>3</sup>
3	593.32 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	3.022 gr/cm <sup>3</sup>	29.646 kN/m <sup>3</sup>
4	572.19 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.914 gr/cm <sup>3</sup>	28.586 kN/m <sup>3</sup>
5	583.35 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.971 gr/cm <sup>3</sup>	29.146 kN/m <sup>3</sup>
6	584.19 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.975 gr/cm <sup>3</sup>	29.185 kN/m <sup>3</sup>
7	568.32 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.894 gr/cm <sup>3</sup>	28.390 kN/m <sup>3</sup>
8	580.39 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.956 gr/cm <sup>3</sup>	28.998 kN/m <sup>3</sup>
9	577.34 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.940 gr/cm <sup>3</sup>	28.841 kN/m <sup>3</sup>
10	578.53 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	2.946 gr/cm <sup>3</sup>	28.900 kN/m <sup>3</sup>
<b>Ortalama</b>			<b>2.935 gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>28.796 kN/m<sup>3</sup></b>

Tez çalışması kapsamında incelenen kayaç gruplarının kuru birim hacim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.7’de verilmektedir. Ortalama kuru birim hacim ağırlık değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayalarda sırasıyla,  $28.639 \text{ kN/m}^3$ ,  $25.787 \text{ kN/m}^3$ ,  $28.907 \text{ kN/m}^3$  ve  $28.734 \text{ kN/m}^3$  olarak elde edilmiş olup Şekil 4.7’de açıkça görüldüğü üzere kümülat gabrolar, levha daykları ve volkanik kayaçların kuru birim hacim ağırlıkları birbirlerine benzer değerler almış ve grafikte paralel bir trend sunmaktadır. İzotrop gabroların ise diğer kayaçlardan daha düşük değerlere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.7).

Aynı kayaç gruplarının kuru yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması ise şekil 4.8’te verilmektedir. Ortalama kuru yoğunluk değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayalarda sırasıyla  $2.919 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.629 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.947 \text{ gr/cm}^3$  ve  $2.929 \text{ gr/cm}^3$  olarak elde edilmiş olup kuru birim hacim ağırlığı değerlerine benzer değerler almıştır. İzotrop gabroların ise diğer kayaçlardan daha düşük değerlere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.8).



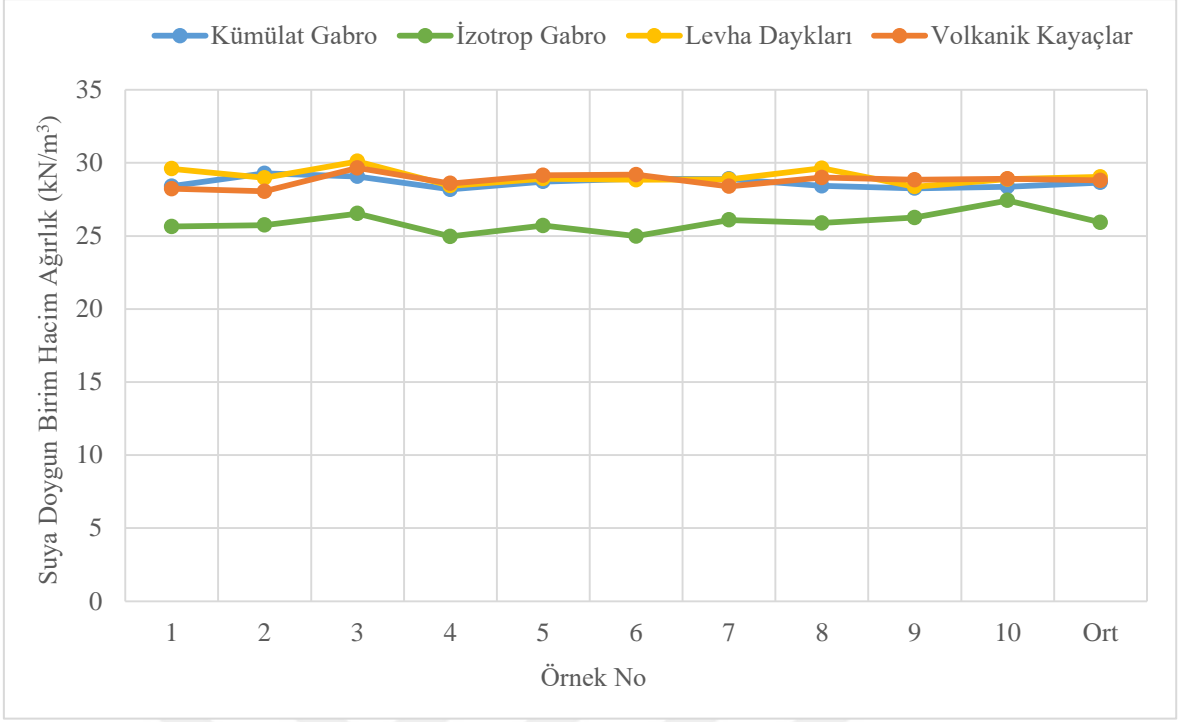
Şekil 4.7. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru birim hacim ağırlık değerleri



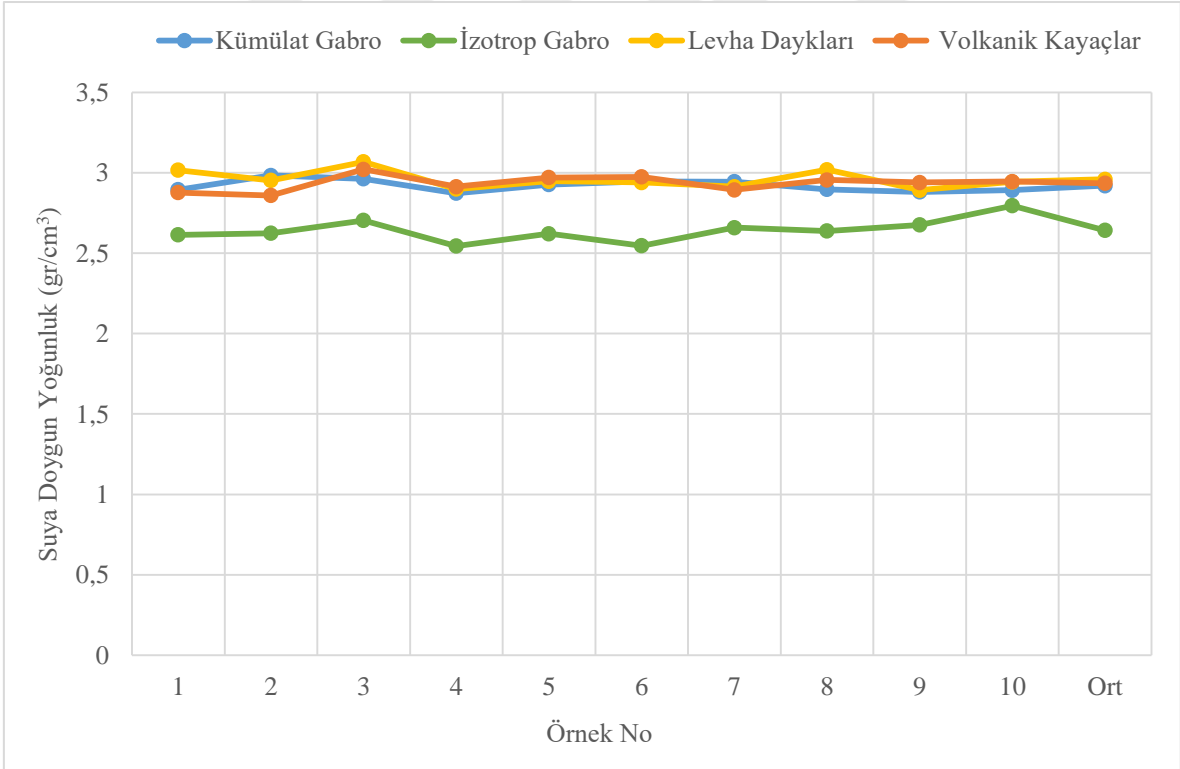
Şekil 4.8. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru yoğunluk değerleri

İncelemeye konu olan Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun birim hacim ağırlık değerlerinin karşılaştırılması Şekil 4.9'da verilmektedir. Ortalama suya doymun birim hacim ağırlık değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayaçlarda sırasıyla  $28.649 \text{ kN/m}^3$ ,  $25.922 \text{ kN/m}^3$ ,  $29.033 \text{ kN/m}^3$  ve  $28.796 \text{ kN/m}^3$  olarak elde edilmiş olup Şekil 4.9'da açıkça görüldüğü üzere kümülat gabrolar, levha daykları ve volkanik kayaçların suya doymun birim hacim ağırlıkları birbirlerine benzer değerler almış ve şekilde benzer desenler sunmaktadır. İzotrop gabroların ise yukarıda anılan diğer kayaçlardan daha düşük değerlere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.9).

Deneylerden elde edilen suya doymun yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.10'da verilmektedir. Ortalama suya doymun yoğunluk değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayaçlarda sırasıyla  $2.920 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.642 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2.960 \text{ gr/cm}^3$  ve  $2.935 \text{ gr/cm}^3$  olarak elde edilmiş olup suya doymun birim hacim ağırlık değerlerine benzer değerler olarak grafik üzerinde paralel trendler sunmaktadırlar. İzotrop gabroların suya doymun yoğunluk değerlerinin ise diğer üç farklı kayaç grubundan daha düşük değerlere sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4.10)



Şekil 4.9. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun birim hacim ağırlık değerleri



Şekil 4.10. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doymun yoğunluk değerleri

#### 4.1.3.2. Ağırlıkça ve hacimce su emme oranlarının tayini

Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarını temsil eden her bir kayaç türü için 10 farklı örnek üzerinde ağırlıkça ve hacimce su emme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te verilmektedir.

Kümülat gabrolar için yapılan ağırlıkça ve hacimce su emme deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmektedir. Ağırlıkça su emme değerleri % 0.021 ile % 0.077 arasında, hacimce su emme değerleri ise % 0.061 ile % 0.229 arasında değişmektedir (Çizelge 4.10).

İzotrop gabrolar için yapılan ağırlıkça ve hacimce su emme deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11'de verilmektedir. Ağırlıkça su emme değerleri % 0.424 ile % 0.576 arasında, hacimce su emme değerleri ise % 1.141 ile % 1.496 arasında değişmektedir (Çizelge 4.11).

Levha daykları için yapılan ağırlıkça ve hacimce su emme deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmektedir. Ağırlıkça su emme değerleri % 0.283 ile % 0.591 arasında, hacimce su emme değerleri ise % 0.830 ile % 1.711 arasında değişmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.10. Kümülat gabrolar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri

Örnek No	Suya Doygun Ağırlık	Kuru Ağırlık	Hacim	Ağırlıkça Su Emme	Hacimce Su Emme
1	568.51 gr	568.15 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.063	% 0.183
2	585.91 gr	585.46 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.077	% 0.229
3	581.71 gr	581.53 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.031	% 0.092
4	564.19 gr	563.93 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.046	% 0.132
5	574.74 gr	574.55 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.033	% 0.097
6	578.69 gr	578.52 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.029	% 0.087
7	578.26 gr	578.08 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.031	% 0.092
8	568.76 gr	568.58 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.032	% 0.092
9	565.64 gr	565.47 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.030	% 0.087
10	567.88 gr	567.76 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.021	% 0.061
<b>Ortalama</b>				<b>% 0.039</b>	<b>% 0.115</b>

Çizelge 4.11. İzotrop gabrolar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri

Örnek No	Suya Doymun Ağırlık	Kuru Ağırlık	Hacim	Ağırlıkça Su Emme	Hacimce Su Emme
1	82.13 gr	81.66 gr	31.42 cm <sup>3</sup>	% 0.576	% 1.496
2	87.58 gr	87.16 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	% 0.482	% 1.258
3	132.74 gr	132.18 gr	49.09 cm <sup>3</sup>	% 0.424	% 1.141
4	69.96 gr	69.57 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	% 0.561	% 1.419
5	92.63 gr	92.17 gr	35.34 cm <sup>3</sup>	% 0.499	% 1.302
6	70.02 gr	69.65 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	% 0.531	% 1.346
7	88.75 gr	88.28 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	% 0.532	% 1.408
8	72.53 gr	72.13 gr	27.49 cm <sup>3</sup>	% 0.555	% 1.455
9	89.32 gr	88.85 gr	33.38 cm <sup>3</sup>	% 0.529	% 1.408
10	82.34 gr	81.90 gr	29.45 cm <sup>3</sup>	% 0.537	% 1.494
<b>Ortalama</b>				<b>% 0.523</b>	<b>% 1.373</b>

Çizelge 4.12. Levha daykları için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri

Örnek No	Suya Doymun Ağırlık	Kuru Ağırlık	Hacim	Ağırlıkça Su Emme	Hacimce Su Emme
1	592.29 gr	589.62 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.453	% 1.360
2	579.83 gr	578.04 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.310	% 0.912
3	602.33 gr	599.45 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.480	% 1.467
4	569.28 gr	566.81 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.436	% 1.258
5	578.86 gr	576.22 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.458	% 1.345
6	577.34 gr	575.71 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.283	% 0.830
7	572.20 gr	568.84 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.591	% 1.711
8	592.97 gr	590.61 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.400	% 1.202
9	567.77 gr	565.22 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.451	% 1.299
10	577.97 gr	575.19 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.483	% 1.416
<b>Ortalama</b>				<b>% 0.435</b>	<b>% 1.280</b>

Volkanik kayalar için yapılan ağırlıkça ve hacimce su emme deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmektedir. Ağırlıkça su emme değerleri % 0.132 ile % 0.429 arasında, hacimce su emme değerleri ise % 0.392 ile % 1.238 arasında değişmektedir (Çizelge 4.12).

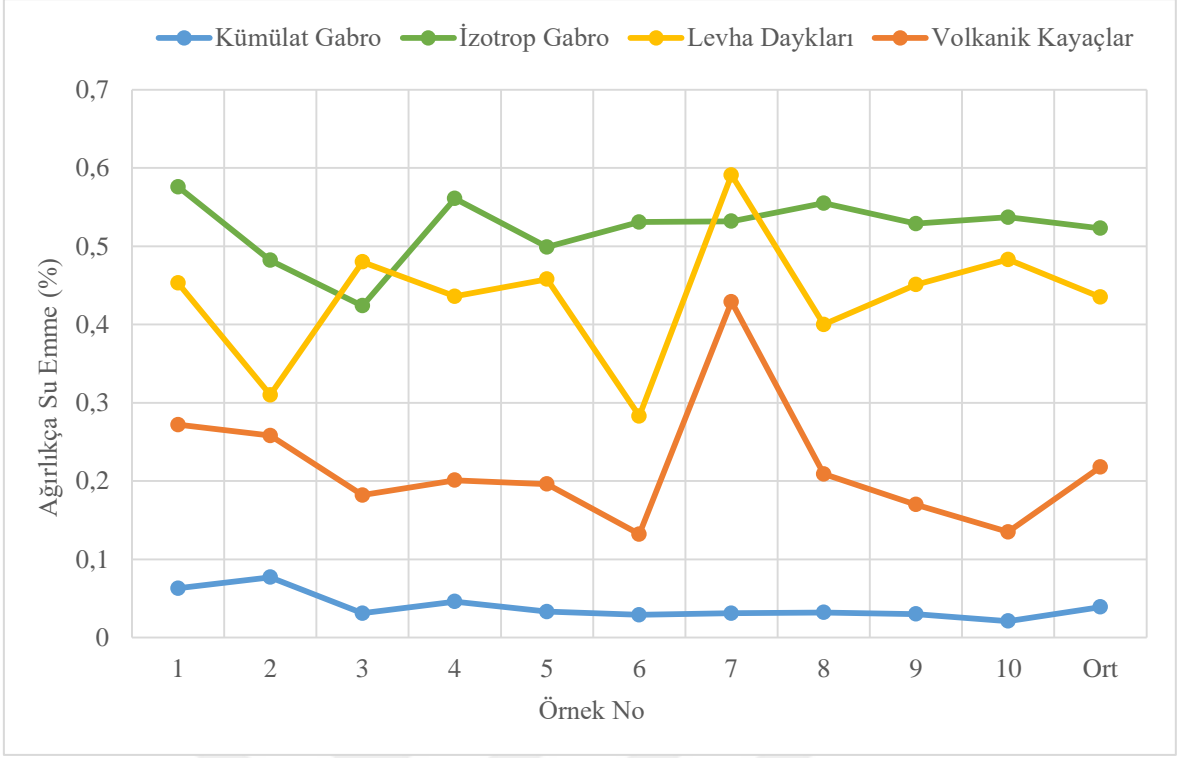
Çizelge 4.13. Volkanik kayalar için ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri

Örnek No	Suya Doymun Ağırlık	Kuru Ağırlık	Hacim	Ağırlıkça Su Emme	Hacimce Su Emme
1	564.88 gr	563,35 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.272	% 0.779
2	561.40 gr	559.95 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.258	% 0.738
3	593.32 gr	592.24 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.182	% 0.550
4	572.19 gr	571.04 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.201	% 0.586
5	583.35 gr	582.21 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.196	% 0.581
6	584.19 gr	583.42 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.132	% 0.392
7	568.32 gr	565.89 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.429	% 1.238
8	580.39 gr	579.18 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.209	% 0.616
9	577.34 gr	576.36 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.170	% 0.499
10	578.53 gr	577.75 gr	196.35 cm <sup>3</sup>	% 0.135	% 0.397
<b>Ortalama</b>				<b>% 0.218</b>	<b>% 0.638</b>

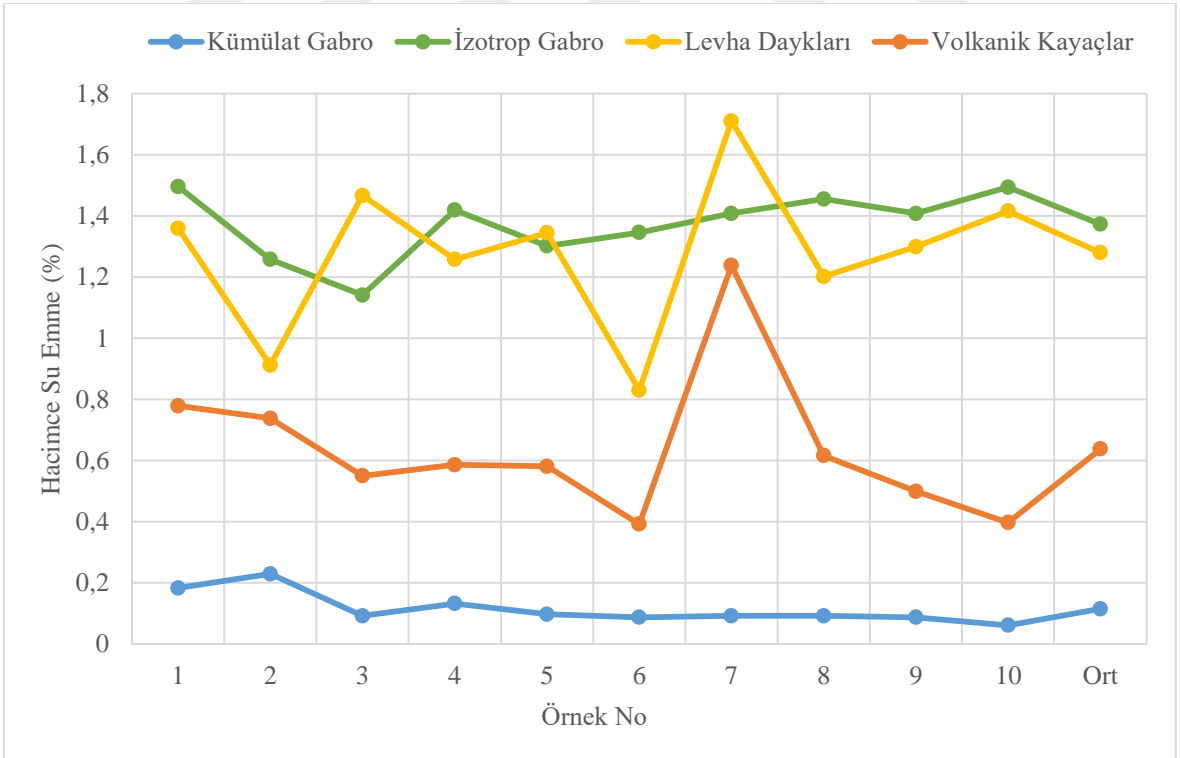
Tüm kayaç gruplarının ortalama ağırlıkça su emme değerlerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.11’de verilmektedir. Ortalama ağırlıkça su emme değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayalarda sırasıyla % 0.039, % 0.523, % 0.435 ve % 0.218 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.11’de açıkça görüldüğü üzere kümülat gabrolardan en düşük değerler elde edilirken bunları volkanik kayalar ve levha daykları izlemekte olup en yüksek değerler ise izotrop gabro numunelerinden elde edilmiştir.

Göksun ofiyoliti kabuksal kayalarının ortalama hacimce su emme değerlerinin karşılaştırıldığı grafik 4.12’de verilmektedir. Ortalama hacimce su emme değerleri kümülat gabrolarda, izotrop gabrolarda, levha dayklarında ve volkanik kayalarda sırasıyla % 0.115, % 1.373, % 1.280 ve % 0.638 olarak belirlenmiştir. Şekil 4.12’de açıkça görüldüğü üzere kümülat gabrolardan en düşük değerler elde edilirken bunları volkanik kayalar ve levha daykları izlemekte olup en yüksek değerler ise izotrop gabro numunelerinden elde edilmiştir.

Gerek ağırlıkça gerekse de hacimce su emme değerlerinde kümülar gabroların en düşük değerlere, izotrop gabroların en yüksek değelere sahip olması bu parametrelerde alterasyonun ve dayanımın birinci derecede belirleyici bir faktör olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.11. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının ağırlıkça su emme değerleri



Şekil 4.12. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının hacimce su emme değerleri

#### 4.1.3.3. Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneyi

Kümülat gabrolar, levha daykları ve volkanik kayaçlar için 5 tanesi kuru ve 5 tanesi suya doymun halde olan örnekler üzerinde deneyler yapılmıştır. İzotrop gabrolardan ise karot elde edilememiş olmasından dolayı bu deneyler yapılamamıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’da verilmektedir.

Kümülat gabrolar için yapılan kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14’te verilmektedir. Kuru halde tek eksenli basma dayanımı değerleri 103.194 MPa ile 176.551 MPa arasında değişirken suya doymun tek eksenli basma dayanımı değerleri ise 26.337 MPa ile 93.408 MPa arasında değişmektedir (Çizelge 4.14).

Levha daykları için yapılan kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15’te verilmektedir. Kuru halde tek eksenli basma dayanımı değerleri 118.880 MPa ile 307.050 MPa arasında değişirken suya doymun tek eksenli basma dayanımı değerleri ise 12.816 MPa ile 114.265 MPa arasında değişmektedir (Çizelge 4.15).

Volkanik kayaçlar için yapılan kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16’te verilmektedir. Kuru halde tek eksenli basma dayanımı değerleri 26.612 MPa ile 172.520 MPa arasında değişirken suya doymun tek eksenli basma dayanımı değerleri ise 32.827 MPa ile 200.939 MPa arasında değişmektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.14. Kümülat gabrolar için kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri

Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Kuru Halde)	Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Suya Doymun Halde)
1	176.551 MPa	6	72.541 MPa
2	103.194 MPa	7	93.408 MPa
3	127.082 MPa	8	62.939 MPa
4	113.173 MPa	9	26.337 MPa
5	121.296 MPa	10	86.561 MPa
<b>Ortalama</b>	<b>128.259 MPa</b>	<b>Ortalama</b>	<b>88.358 MPa</b>

Çizelge 4.15. Levha daykları için kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri

Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Kuru Halde)	Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Suya Doymun Halde)
1	307.050 MPa	6	84.265 MPa
2	195.740 MPa	7	58.245 MPa
3	179.010 MPa	8	114.265 MPa
4	189.350 MPa	9	73.571 MPa
5	118.880 MPa	10	12.816 MPa
<b>Ortalama</b>	<b>198.006 MPa</b>	<b>Ortalama</b>	<b>68.632 MPa</b>

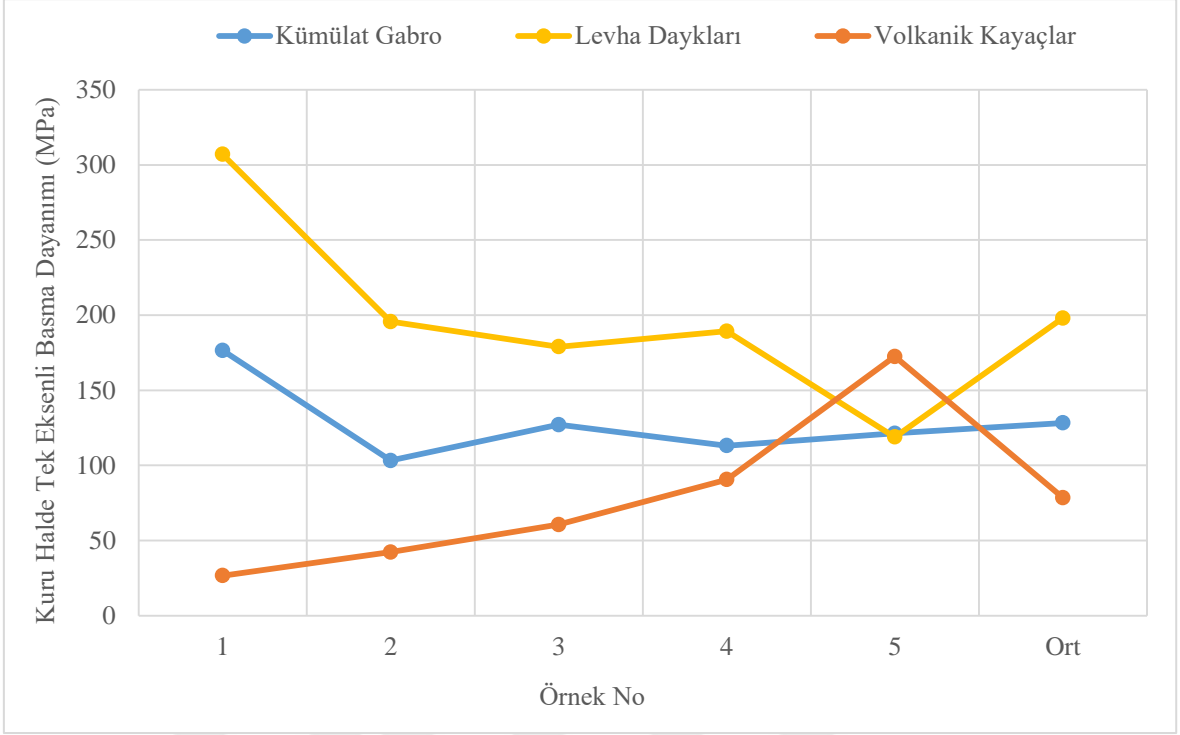
Çizelge 4.16. Volkanik kayaçlar için kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri

Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Kuru Halde)	Örnek No	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Suya Doymun Halde)
1	26.612 MPa	6	98.956 MPa
2	42.316 MPa	7	32.827 MPa
3	60.592 MPa	8	40.571 MPa
4	90.541 MPa	9	200.939 MPa
5	172.520 MPa	10	121.898 MPa
<b>Ortalama</b>	<b>78.516 MPa</b>	<b>Ortalama</b>	<b>99.38 MPa</b>

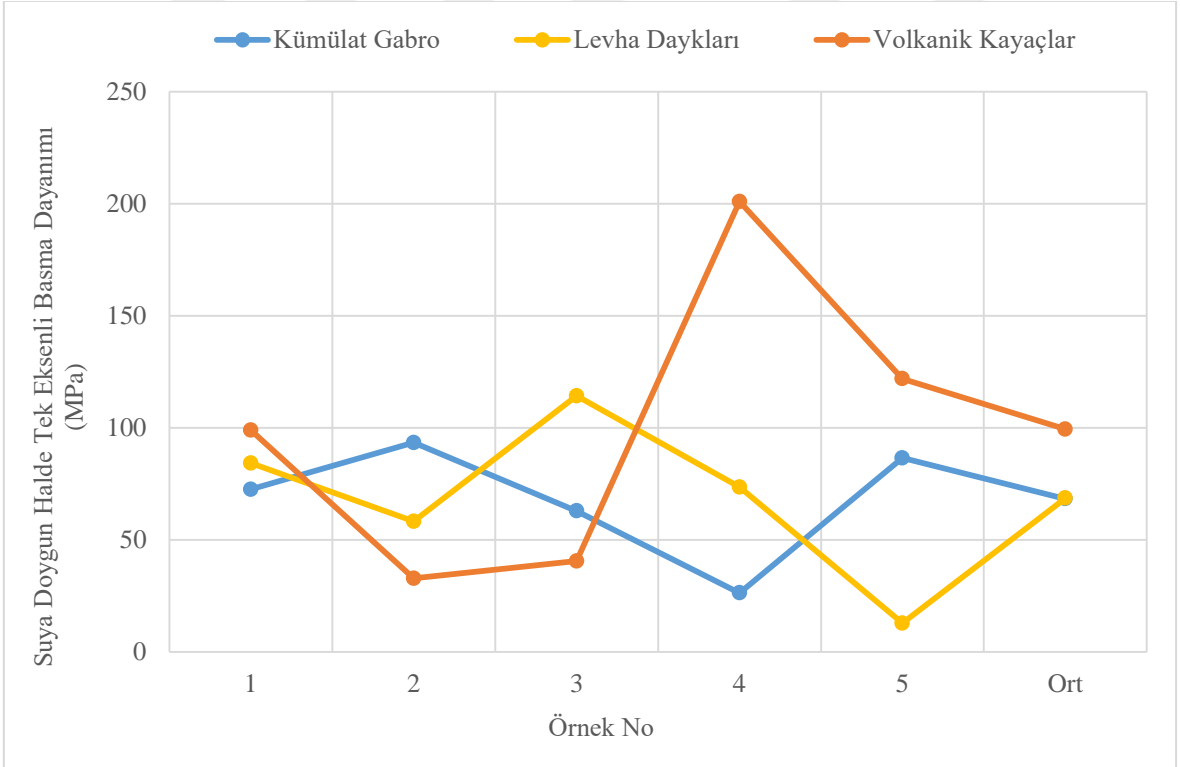
Şekil 4.13'te verilen grafik incelendiğinde, kuru halde yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyinden elde edilen değerlere göre ortalama olarak en yüksek dayanım sırasıyla levha daykları, kümülat gabrolar ve volkanik kayaçlarda görülmektedir.

Şekil 4.14'te verilen grafik incelendiğinde, suya doymun halde yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyinden elde edilen değerlere göre ortalama olarak en yüksek dayanım sırasıyla volkanik kayaçlar, kümülat gabrolar ve levha dayklarında görülmektedir.

Deneilerin kuru halde yapılması kümülat gabroların ve levha dayklarının dayanım değerlerini artırırken suya doymun halde yapılması ise volkanik kayaçların dayanım değerlerini artırmıştır.



Şekil 4.13. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru halde tek eksenli basma dayanımı değerleri



Şekil 4.14. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının suya doygun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri

#### 4.1.3.4. Los Angeles parçalanma direnci deneyi sonuçları

Bu deneyde her bir kayaç türü için 3 farklı örnek üzerinde deneyler yapılmış olup sonuçlar Çizelge 4.17, Çizelge 4.18, Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de verilmektedir.

Kümülat gabrolardan elde edilen Los Angeles parçalanma direnci değerleri Çizelge 4.17’de verilmekte olup aşınma miktarları % 14.94 ile % 17.74 arasında değişmektedir

Çizelge 4.17. Kümülat gabrolar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri

<b>Deney No</b>	<b>Toplam Malzeme</b>	<b>Elek Üstü Malzeme</b>	<b>Aşınma Miktarı %</b>
<b>1</b>	5000 gr	4176 gr	% 16.48
<b>2</b>	5000 gr	4113 gr	% 17.74
<b>3</b>	5000 gr	4253 gr	% 14.94
<b>Ortalama</b>			<b>% 16.39</b>

İzotrop gabrolar için yapılan Los Angeles parçalanma direnci deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmekte olup aşınma miktarları % 16.42 ile % 19.36 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.18. İzotrop gabrolar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri

<b>Deney No</b>	<b>Toplam Malzeme</b>	<b>Elek Üstü Malzeme</b>	<b>Aşınma Miktarı %</b>
<b>1</b>	5000 gr	4032 gr	% 19.36
<b>2</b>	5000 gr	4127 gr	% 17.46
<b>3</b>	5000 gr	4179 gr	% 16.42
<b>Ortalama</b>			<b>% 17.75</b>

Levha dayklarından elde edilen Los Angeles parçalanma direnci değerleri Çizelge 4.19’da verilmekte olup aşınma miktarları % 16.02 ile % 17.08 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.19. Levha daykları için Los Angeles parçalanma direnci değerleri

<b>Deney No</b>	<b>Toplam Malzeme</b>	<b>Elek Üstü Malzeme</b>	<b>Aşınma Miktarı %</b>
<b>1</b>	5000 gr	4154 gr	% 16.92
<b>2</b>	5000 gr	4146 gr	% 17.08
<b>3</b>	5000 gr	4199 gr	% 16.02
<b>Ortalama</b>			<b>% 16.67</b>

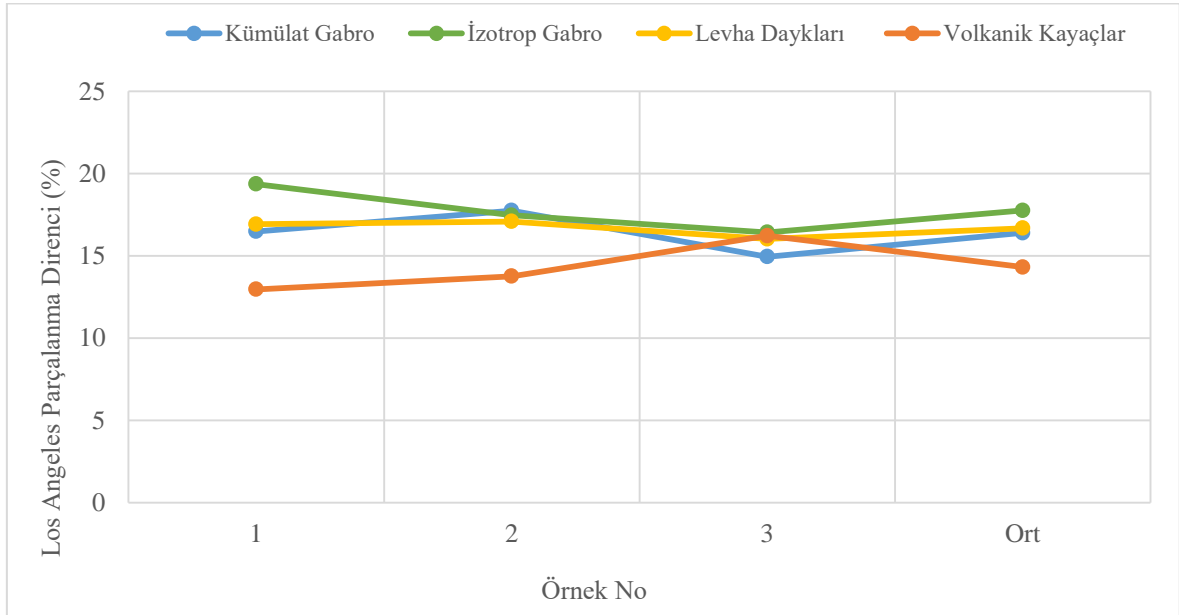
Volkanik kayalardan elde edilen Los Angeles parçalanma direnci değerleri Çizelge 4.20’de verilmekte olup aşınma miktarları % 12.96 ile % 16.22 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.20. Volkanik kayalar için Los Angeles parçalanma direnci değerleri

Deney No	Toplam Malzeme	Elek Üstü Malzeme	Aşınma Miktarı %
1	5000 gr	4352 gr	% 12.96
2	5000 gr	4312 gr	% 13.76
3	5000 gr	4189 gr	% 16.22
<b>Ortalama</b>			<b>% 14.31</b>

Şekil 4.15’te verilen grafik incelendiğinde, Los Angeles parçalanma direnci deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre ortalama olarak en fazla aşınma kaybı sırasıyla izotrop gabrolar, levha daykları, kümülat gabrolar ve volkanik kayalarda görülmektedir.

Kayaçlar arasında en az aşınma kaybı volkanik kayalarda görülürken, kümülat gabrolar ve levha daykları birbirine yakın sonuçlar vermektedir. İzotrop gabroların diğer kayalara göre kırılğan bir yapıda olması ise aşınma kaybının daha fazla olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 4.15. Göksun ofiyoliti kabuksal kayalarının Los Angeles parçalanma direnci değerleri

#### 4.1.3.5. Magnezyum sülfat donma çözülme deneyi sonuçları

Göksun ofiyoliti kabuksal kayalar üzerinde yapılan magnezyum sülfat donma çözülme deney sonuçları Çizelge 4.21, Çizelge 4.22, Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24'te verilmektedir.

Kümülat gabrolar için yapılan magnezyum sülfat donma çözülme deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.21'de verilmektedir. Kütle kaybı değerleri % 0.6 ile % 2.0 arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 4.21. Kümülat gabrolar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri

Deney No	Toplam Malzeme	Elek Üstü Malzeme	Kütle Kaybı %
1	500 gr	497 gr	% 0.6
2	500 gr	491 gr	% 1.8
3	500 gr	490 gr	% 2.0
<b>Ortalama</b>			<b>% 1.5</b>

İzotrop gabrolar için yapılan magnezyum sülfat donma çözülme deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.22'de verilmektedir. Kütle kaybı değerleri % 0.8 ile % 1.2 arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 4.22. İzotrop gabrolar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri

Deney No	Toplam Malzeme	Elek Üstü Malzeme	Kütle Kaybı %
1	500 gr	496 gr	% 0.8
2	500 gr	494 gr	% 1.2
3	500 gr	496 gr	% 0.8
<b>Ortalama</b>			<b>% 0.9</b>

Levha daykları için yapılan magnezyum sülfat donma çözülme deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.23'de verilmektedir. Kütle kaybı değerleri % 2.4 ile % 5.0 arasında değişim göstermektedir.

Volkanik kayalar için yapılan magnezyum sülfat donma çözülme deneylerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.24'de verilmektedir. Kütle kaybı değerleri % 2.2 ile % 6.0 arasında değişim göstermektedir.

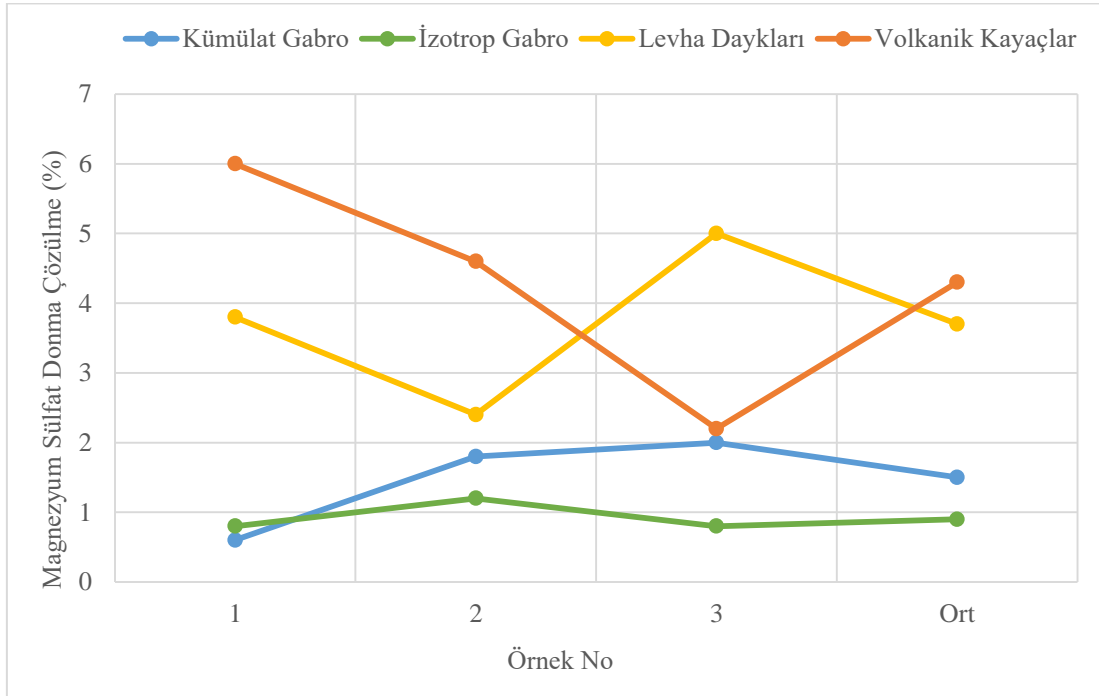
Çizelge 4.23. Levha daykları İçin magnezyum sülfat donma çözülme değerleri

Deney No	Toplam Malzeme	Elek Üstü Malzeme	Kütle Kaybı %
1	500 gr	481 gr	% 3.8
2	500 gr	488 gr	% 2.4
3	500 gr	475 gr	% 5.0
<b>Ortalama</b>			<b>% 3.7</b>

Çizelge 4.24. Volkanik kayalar için magnezyum sülfat donma çözülme değerleri

Deney No	Toplam Malzeme	Elek Üstü Malzeme	Kütle Kaybı %
1	500 gr	470 gr	% 6.0
2	500 gr	477 gr	% 4.6
3	500 gr	489 gr	% 2.2
<b>Ortalama</b>			<b>% 4.3</b>

Şekil 4.16'da Göksun ofiyoliti kabuksal kayaları üzerinde yapılan magnezyum sülfat donma-çözülme deneyleri sonuçlarının ortalama değerleri arasında karşılaştırılması verilmektedir. Grafik incelendiğinde, magnezyum sülfat donma çözülme deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre ortalama olarak en fazla kütle kaybı sırasıyla volkanik kayalar, levha daykları, kümülat gabrolar ve izotrop gabrolarda görülmektedir.



Şekil 4.16. Göksun ofiyoliti kabuksal kayalarının magnezyum sülfat donma çözülme değerleri

## 4.2. Tartışma

Fiziksel ve mekanik parametrelerin belirlenmesi amacıyla kuru ve suya doymun birim hacim ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme, tek eksenli basma dayanımı, Los Angeles parçalanma direnci ve magnezyum sülfat donma çözülme deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar TCDD Konvansiyonel Hatlarda Kullanılacak Balast Teknik Şartnamesine (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2017) ve TCDD Yüksek Hızlı Tren Hatlarında Kullanılacak Balast Teknik Şartnamesine (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2017) göre değerlendirilmiştir.

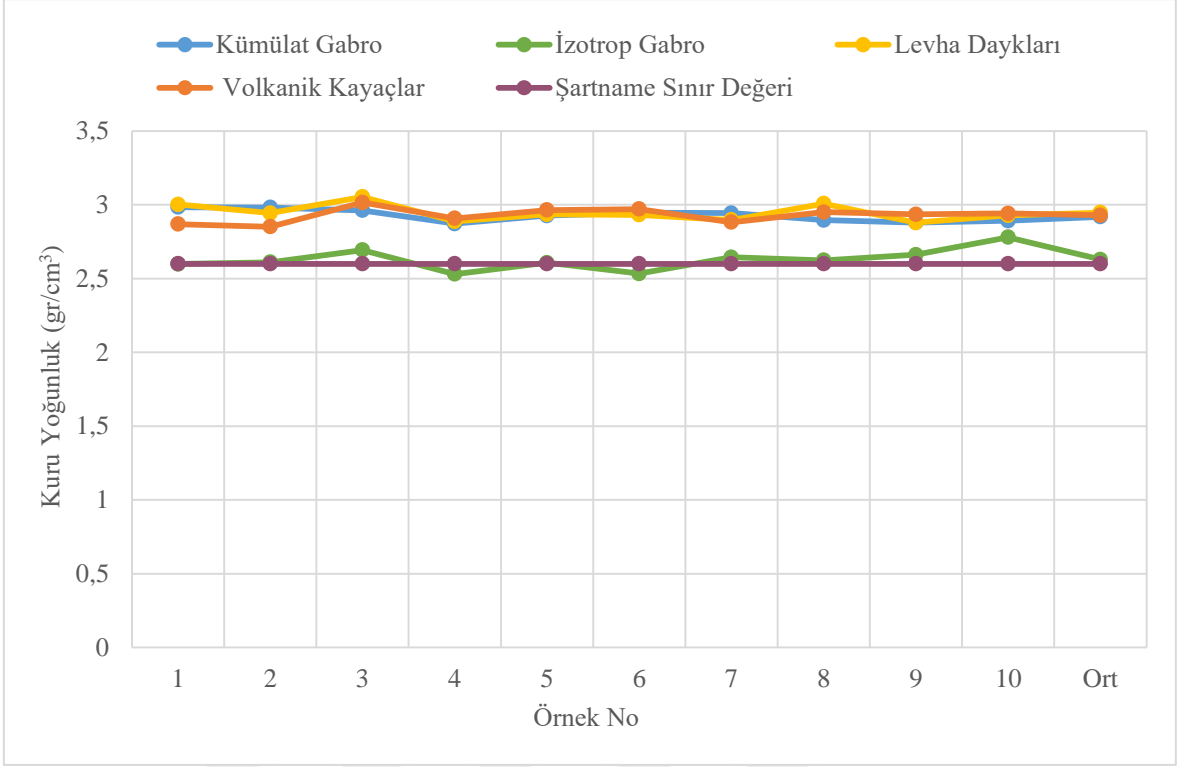
Balast teknik şartnamesine göre konvansiyonel hatlarda balast olarak kullanılacak malzemelerin yoğunluk değerleri ile alakalı kısıtlama bulunmamakta, yüksek hızlı tren hatlarında ise minimum  $2.600 \text{ gr/cm}^3$  olması gerekmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları ve volkanik kayaların yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26)(Şekil 4.17 ve Şekil 4.18).

Çizelge 4.25. Konvansiyonel hatlar için kuru ve suya doymun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

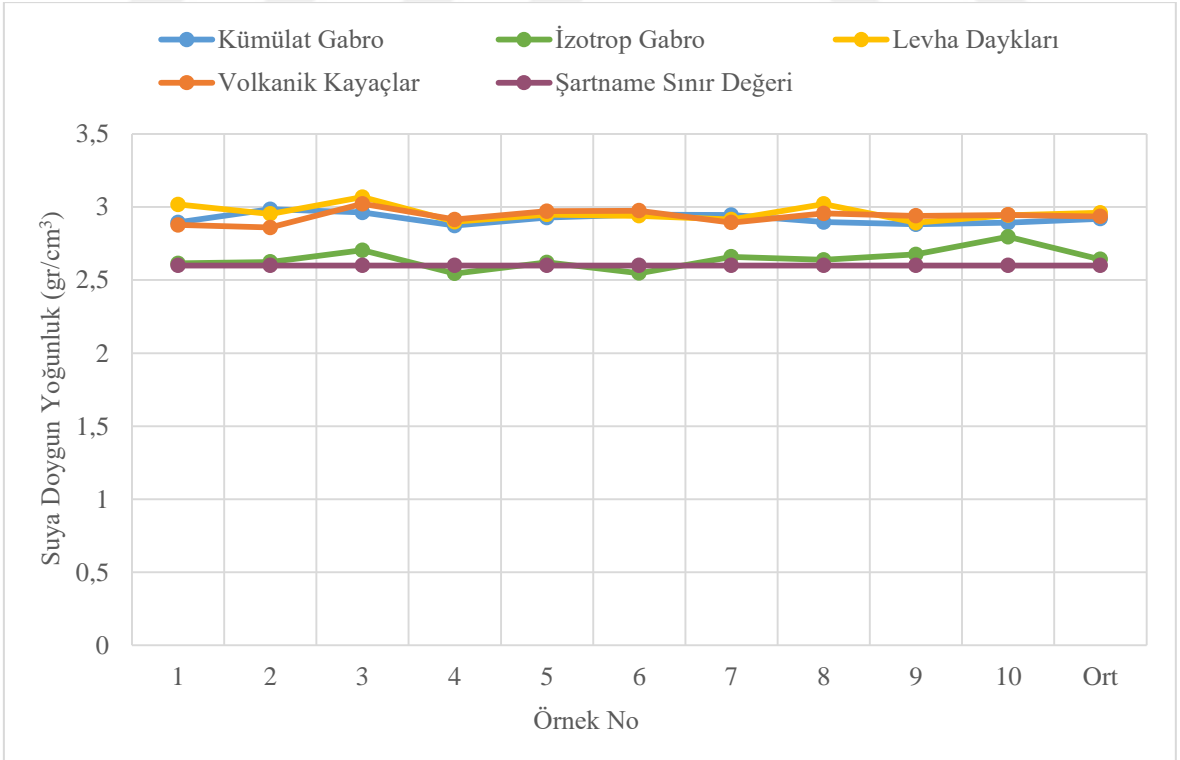
Kayaçlar	Kuru Yoğunluk	Suya Doymun Yoğunluk	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
Kümülat Gabro	$2.919 \text{ gr/cm}^3$	$2.920 \text{ gr/cm}^3$	Bulunmamaktadır	Uygun
İzotrop Gabro	$2.629 \text{ gr/cm}^3$	$2.642 \text{ gr/cm}^3$	Bulunmamaktadır	Uygun
Levha Daykları	$2.947 \text{ gr/cm}^3$	$2.960 \text{ gr/cm}^3$	Bulunmamaktadır	Uygun
Volkanik Kayaçlar	$2.929 \text{ gr/cm}^3$	$2.935 \text{ gr/cm}^3$	Bulunmamaktadır	Uygun

Çizelge 4.26. Yüksek hızlı tren hatları için kuru ve suya doymun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Kayaçlar	Kuru Yoğunluk	Suya Doymun Yoğunluk	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
Kümülat Gabro	$2.919 \text{ gr/cm}^3$	$2.920 \text{ gr/cm}^3$	$\geq 2.600 \text{ gr/cm}^3$	Uygun
İzotrop Gabro	$2.629 \text{ gr/cm}^3$	$2.642 \text{ gr/cm}^3$	$\geq 2.600 \text{ gr/cm}^3$	Uygun
Levha Daykları	$2.947 \text{ gr/cm}^3$	$2.960 \text{ gr/cm}^3$	$\geq 2.600 \text{ gr/cm}^3$	Uygun
Volkanik Kayaçlar	$2.929 \text{ gr/cm}^3$	$2.935 \text{ gr/cm}^3$	$\geq 2.600 \text{ gr/cm}^3$	Uygun



Şekil 4.17. Yüksek hızlı tren hatları için kuru yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi



Şekil 4.18. Yüksek hızlı tren hatları için suya doymun halde yoğunluk değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Balast teknik şartnamesine göre konvansiyonel hatlarda balast olarak kullanılacak malzemelerin kuru ve suya doygun birim hacim ağırlıkları değerlerine ilişkin bir kısıtlama bulunmamaktadır. Kuru ve suya doygun birim hacim ağırlık deneylerinin sonuçlarının ortalamaları Çizelge 4.27’de verilmekte olup bu değerler de yoğunluk değerleri ile paralel sonuçlar ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.27. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru ve suya doygun halde birim hacim ağırlık değerleri

<b>Kayaçlar</b>	<b>Kuru Birim Hacim Ağırlık</b>	<b>Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık</b>
<b>Kümülat Gabro</b>	28.639 kN/m <sup>3</sup>	28.649 kN/m <sup>3</sup>
<b>İzotrop Gabro</b>	25.787 kN/m <sup>3</sup>	25.922 kN/m <sup>3</sup>
<b>Levha Daykları</b>	28.907 kN/m <sup>3</sup>	29.033 kN/m <sup>3</sup>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	28.734 kN/m <sup>3</sup>	28.796 kN/m <sup>3</sup>

Balast teknik şartnamesine göre konvansiyonel hatlarda balast olarak kullanılacak malzemelerin ağırlıkça su emme değerlerinin maksimum % 2, yüksek hızlı tren hatlarında ise % 1.5 olması gerekmektedir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları ve volkanik kayaçların ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29)(Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Dolayısıyla Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarından derlenen tüm numuneler ağırlıkça su emme değerleri bakımından gerek konvansiyonel gerekse de yüksek hızlı tren hatlarında balast malzemesi olarak kullanıma uygun görülmektedir.

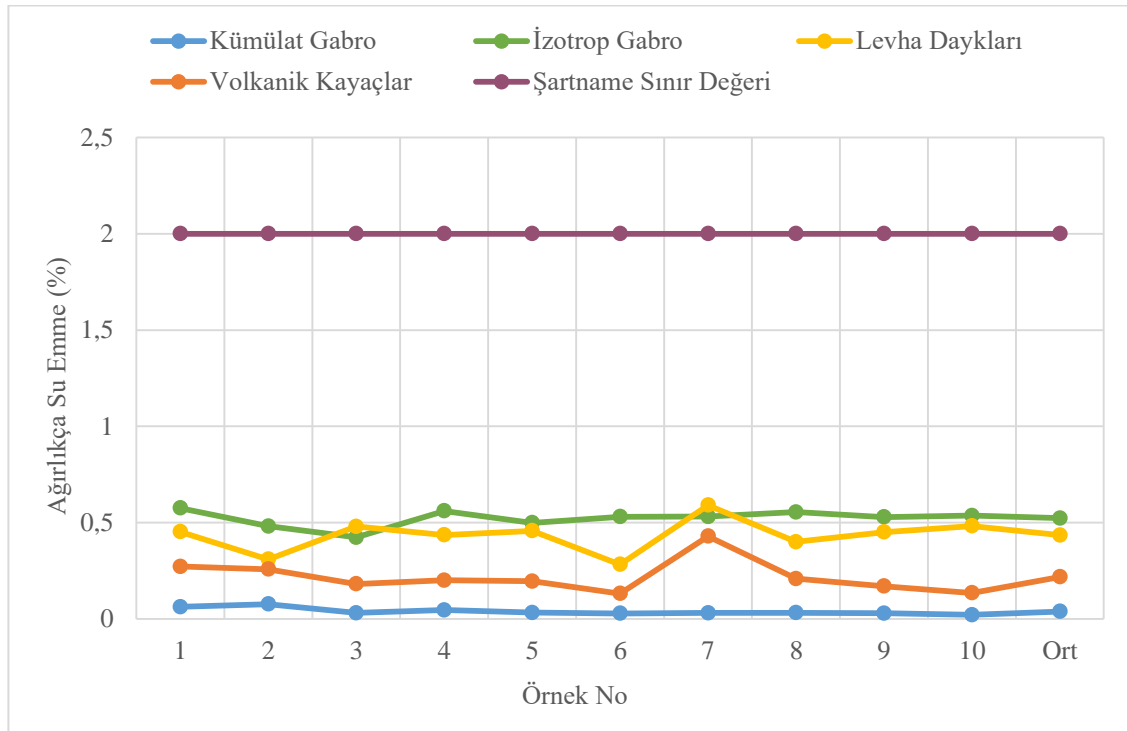
Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçları içerisinde hem ağırlıkça hem de hacimce su emme değerlerinde izotrop gabrolar en yüksek değerlere sahip iken kümülat gabrolar ise en düşük değerler sunmaktadırlar. Bu durum anılan kayaçların alterasyona karşı dirençlerinin yanı sıra dayanımlarının da bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Levha daykları ve volkanik kayaçlar ise bu iki kayaç grubunun arasında değerler sunarak dayanım ve alterasyon durumlarını ortaya koymaktadırlar.

Çizelge 4.28. Konvansiyonel hatlar için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

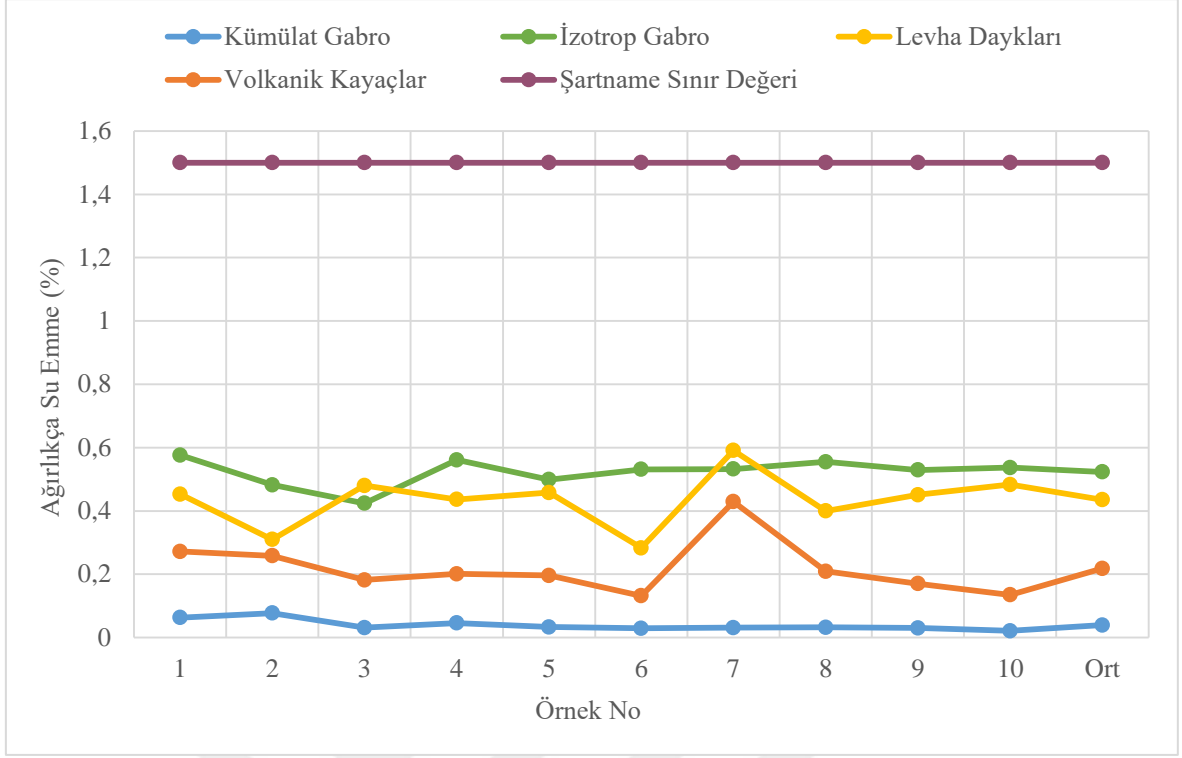
Kayaçlar	Ağırlıkça Su Emme	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 0.039	$\leq$ % 2	<b>Uygun</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 0.523	$\leq$ % 2	<b>Uygun</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 0.435	$\leq$ % 2	<b>Uygun</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 0.218	$\leq$ % 2	<b>Uygun</b>

Çizelge 4.29. Yüksek hızlı tren hatları için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Kayaçlar	Ağırlıkça Su Emme	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 0.039	$\leq$ % 1.5	<b>Uygun</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 0.523	$\leq$ % 1.5	<b>Uygun</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 0.435	$\leq$ % 1.5	<b>Uygun</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 0.218	$\leq$ % 1.5	<b>Uygun</b>



Şekil 4.19. Konvansiyonel hatlar için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi



Şekil 4.20. Yüksek hızlı tren hatları için ağırlıkça su emme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Kuru ve suya doymun halde yapılan tek eksenli basma deneyinin sonuçlarının ortalaması alınarak oluşturulan tabloya göre aşağıdaki değerler hesaplanmıştır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı değerleri

Kayaçlar	Kuru Halde Tek Eksenli Basma Dayanımı	Suya Doymun Halde Tek Eksenli Basma Dayanımı
<b>Kümülat Gabro</b>	128.259 MPa	88.358 MPa
<b>İzotrop Gabro</b>	-	-
<b>Levha Daykları</b>	198.006 MPa	68.632 MPa
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	78.516 MPa	99.038 MPa

İzotrop gabro bloklarından alınan karot örneklerinde boy/çap (L/D) oranının 2'nin çok altında kalmasıyla standartlara ulaşamadığı için bu kayaç türü için tek eksenli basma dayanımı deneyi yapılmamıştır.

Tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre kayaçların sınıflandırılması aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 4.31)

Çizelge 4.31. Tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre kayaçların sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966)

<b>Tek Eksenli Basma Dayanımı</b>	<b>Kaya Sınıfı</b>
<b>&lt;25</b>	Çok Düşük Dayanımlı
<b>25-50</b>	Düşük Dayanımlı
<b>50-100</b>	Orta Dayanımlı
<b>100-200</b>	Yüksek Dayanımlı
<b>&lt;200</b>	Çok Yüksek Dayanımlı

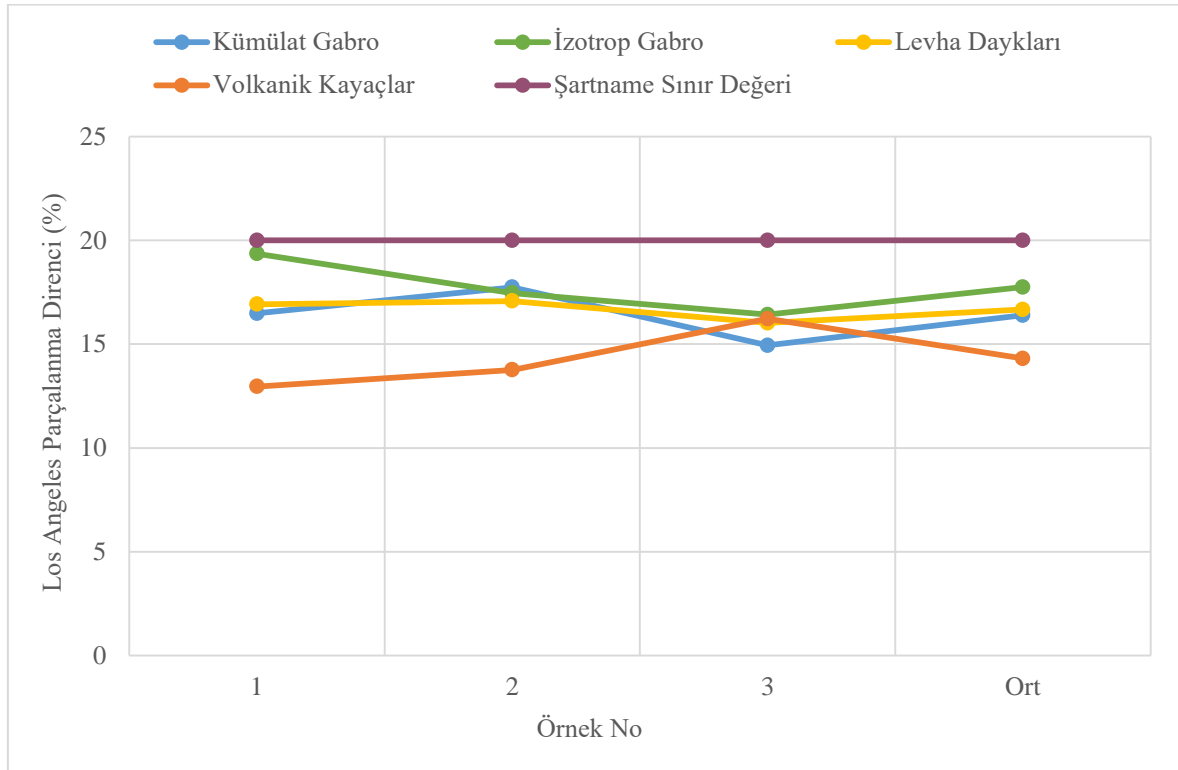
Tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre kayaçların sınıflandırılması tablosu göz önüne alındığında kuru halde kümülat gabro ve levha dayklarının yüksek dayanımlı, volkanik kayaçların ise orta dayanımlı kaya sınıfında yer aldığı gözlemlenmiş olup suya doymun halde üç kayaç türünün de orta dayanımlı kaya sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir.

Balast teknik şartnamesine göre konvansiyonel ve yüksek hızlı tren hatlarında balast olarak kullanılacak malzemelerin tek eksenli basma dayanımı değerleri ile alakalı kısıtlama bulunmamaktadır.

Balast teknik şartnamesine göre konvansiyonel hatlarda balast olarak kullanılacak malzemelerin Los Angeles parçalanma direnci deneyi sonucunda aşınma kaybı maksimum % 20, yüksek hızlı tren hatlarında ise % 14 olmalıdır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları ve volkanik kayaçların Los Angeles parçalanma direnci deneyinin sonucundaki aşınma kayıplarının konvansiyonel hatlar için teknik şartname sınır değerinin altında, yüksek hızlı tren hatlarında ise sınır değerinin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33)(Şekil 4.21 ve Şekil 4.22). Bu durum da yine Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının dokusal, mineralojik ve petrografik özelliklerinin bir yansıması olarak dayanım ve alterasyon derecelerinde farklılıkların doğurduğu bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak burada petrografik ve jeokimyasal determinasyonlarında bazalt olarak sınıflandırılan kayaçların bir özelliği olarak yüksek parçalanma direnci dolayısıyla konvansiyonel hatlar için uygun yüksek hızlı tren hatları için ise sınıra çok yakın değerler sundukları görülmektedir. Bu parametrede de yine izotrop gabrolar en son düşünülecek malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 4.32. Konvansiyonel hatlar için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

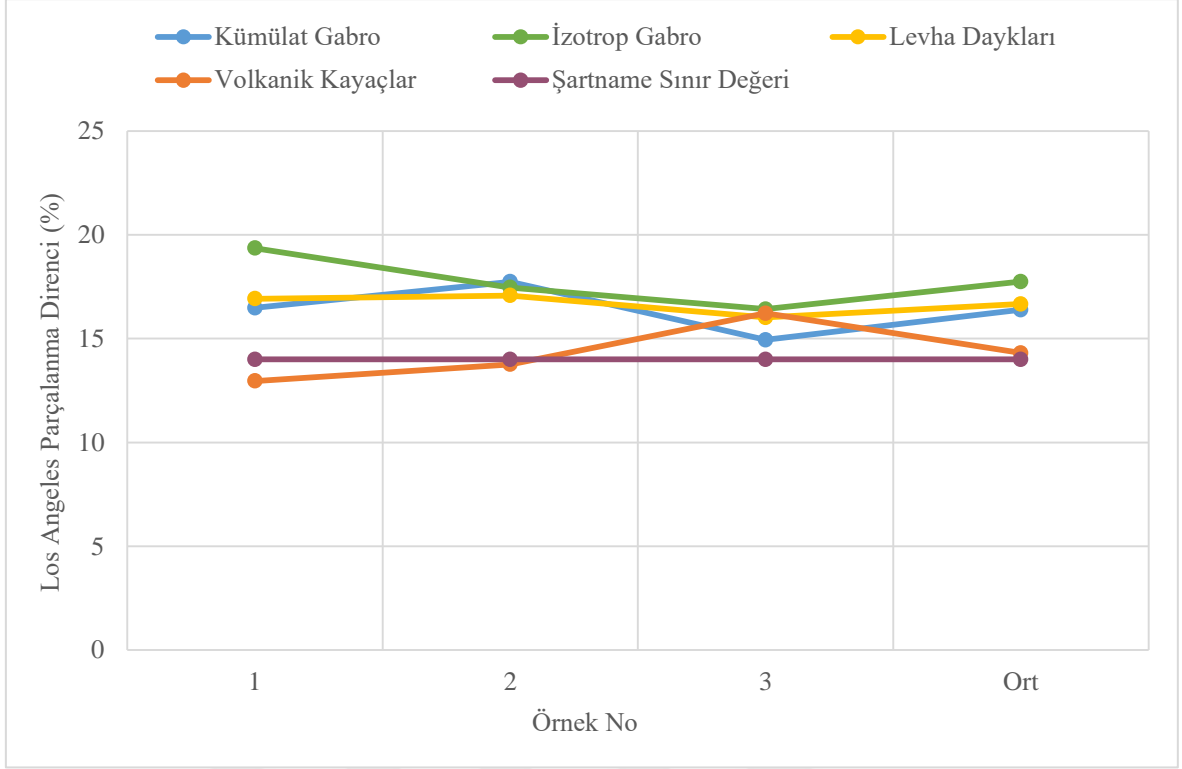
Kayaçlar	Los Angeles Parçalanma Direnci	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 16.39	≤ % 20	<b>Uygun</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 17.75	≤ % 20	<b>Uygun</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 16.67	≤ % 20	<b>Uygun</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 14.31	≤ % 20	<b>Uygun</b>



Şekil 4.21. Konvansiyonel hatlar için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Çizelge 4.33. Yüksek hızlı tren hatları için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Kayaçlar	Los Angeles Parçalanma Direnci	Şartname Sınır Değeri	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 16.39	≤ % 14	<b>Uygun değil</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 17.75	≤ % 14	<b>Uygun değil</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 16.67	≤ % 14	<b>Uygun değil</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 14.31	≤ % 14	<b>Uygun değil</b>

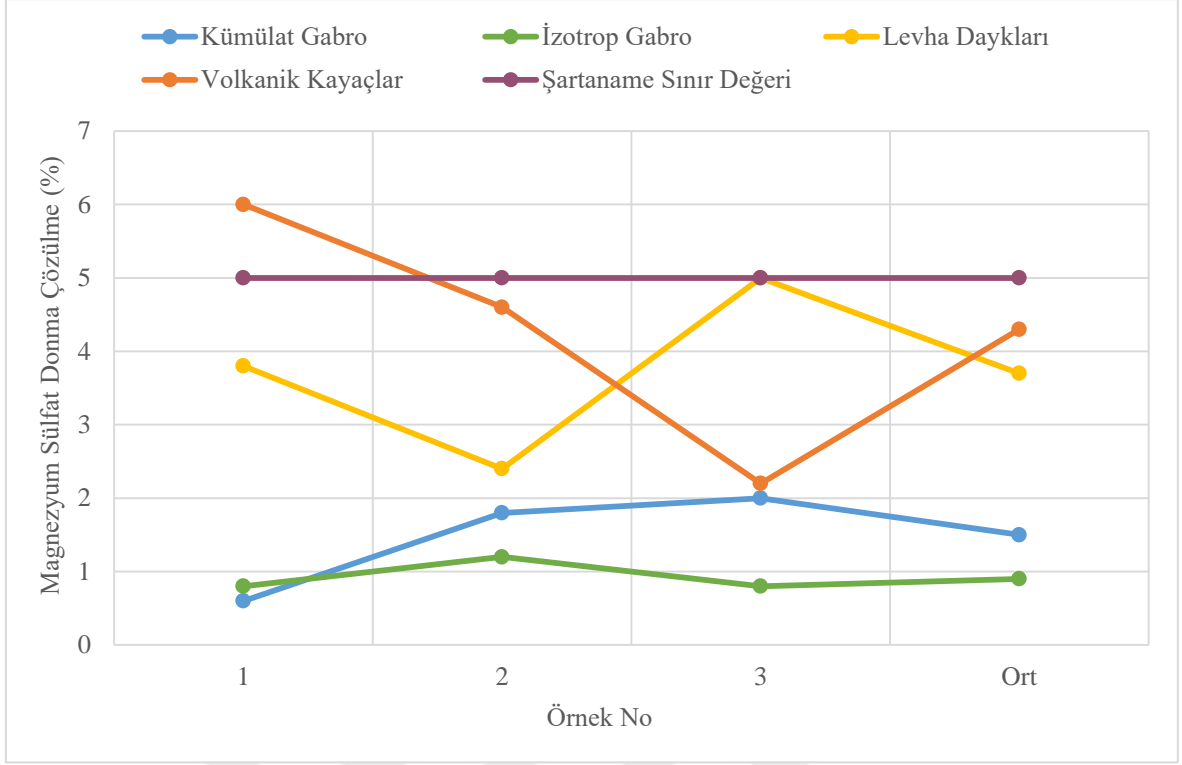


Şekil 4.22. Yüksek hızlı tren hatları için Los Angeles parçalanma direnci değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Balast teknik şartnamesine göre balast olarak kullanılacak malzemelerin magnezyum sülfat donma çözülme deneyi sonucunda kütle kaybı konvansiyonel hatlarda maksimum % 5, yüksek hızlı tren hatlarında ise % 3 olmalıdır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kümülat gabro ve izotrop gabroların magnezyum sülfat donma çözülme deneyi sonucundaki kütle kayıplarının konvansiyonel ve yüksek hızlı tren hatları için teknik şartname sınır değerinin altında kaldığı; levha daykları ve volkanik kayaçlarda ise konvansiyonel hatlar için sınır değerinin altında, yüksek hızlı tren hatlarında ise sınır değerinin üstünde kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35)(Şekil 4.23 ve Şekil 4.24)

Çizelge 4.34. Konvansiyonel hatlar için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

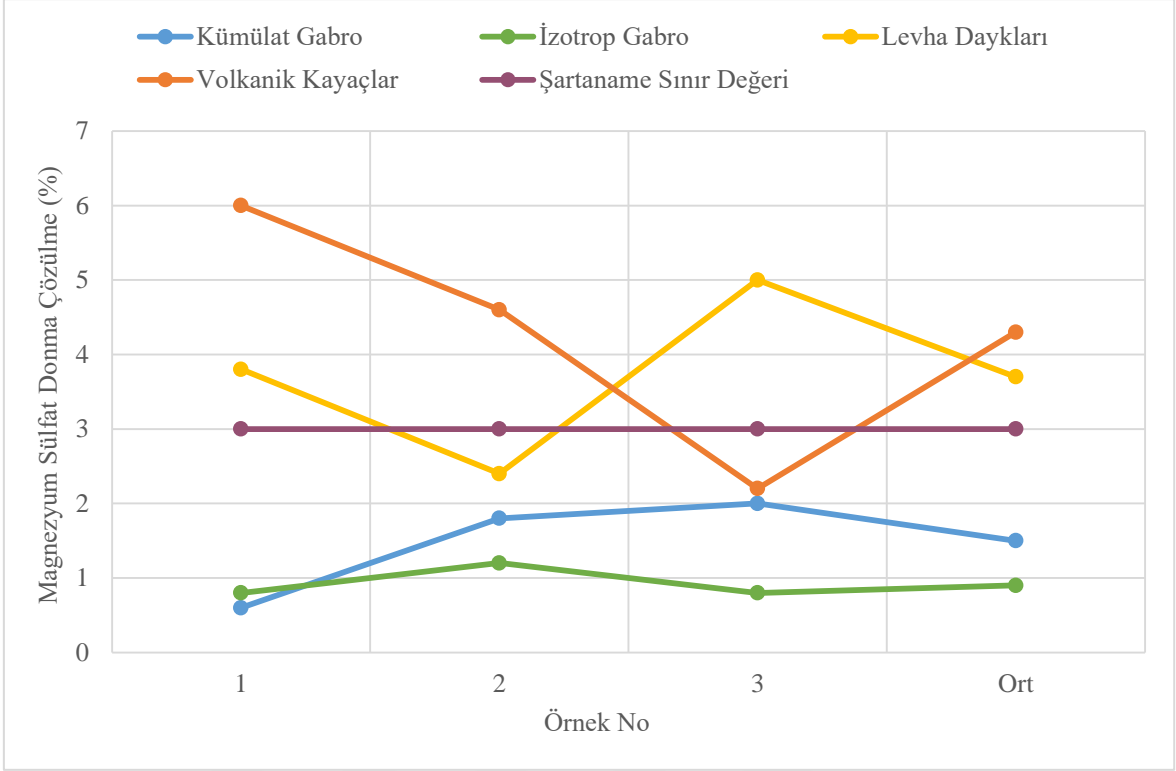
Kayaçlar	Magnezyum Sülfat Donma Çözülme	Şartname Sınır Değeri (Konvansiyonel Hat)	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 1.5	$\leq$ % 5	<b>Uygun</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 0.9	$\leq$ % 5	<b>Uygun</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 3.7	$\leq$ % 5	<b>Uygun</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 4.3	$\leq$ % 5	<b>Uygun</b>



Şekil 4.23. Konvansiyonel hatlar için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Çizelge 4.35. Yüksek hızlı tren hatları için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

Kayaçlar	Magnezyum Sülfat Donma Çözülme	Şartname Sınır Değeri (Yüksek Hızlı Tren)	Değerlendirme
<b>Kümülat Gabro</b>	% 1.5	$\leq$ % 3	<b>Uygun</b>
<b>İzotrop Gabro</b>	% 0.9	$\leq$ % 3	<b>Uygun</b>
<b>Levha Daykları</b>	% 3.7	$\leq$ % 3	<b>Uygun değil</b>
<b>Volkanik Kayaçlar</b>	% 4.3	$\leq$ % 3	<b>Uygun değil</b>



Şekil 4.24. Yüksek hızlı tren hatları için magnezyum sülfat donma çözülme değerlerinin teknik şartname sınır değerlerine göre değerlendirilmesi

ISRM ve TSE'ye uygun olarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre incelendiğinde kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları ve volkanik kayaçların konvansiyonel hatlar için balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğu, yüksek hızlı tren hatları için kullanılabilir özelliklerde olmadığı tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının (kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları, volkanik kayaçlar) balast malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla kayaçların mineralojik, petrografik, jeokimyasal, fiziksel ve mekanik parametreleri belirlenerek balast malzemesi olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Göksun ofiyoliti kabuksal kayaçlarının fiziksel ve mekanik parametrelerin belirlenmesi amacıyla kuru ve suya doymun birim hacim ağırlık, ağırlık ve hacimce su emme, kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı, Los Angeles parçalanma direnci ve magnezyum sülfat donma çözülme deneyleri yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar TCDD Konvansiyonel Hatlarda Kullanılacak Balast Teknik Şartnamesine ve TCDD Yüksek Hızlı Tren Hatlarında Kullanılacak Balast Teknik Şartnamesine göre incelenmiştir. Bu bağlamda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kuru ve suya doymun birim hacim ağırlık ve yoğunluk deney sonuçlarına göre kümülat gabrolar, levha daykları ve volkanik kayaçlar birbirine yakın değerler alırken izotrop gabrolar daha düşük değerler almaktadır. Bu durumun alterasyon dereceleri ile alakalı olduğu düşünülmektedir.
- Ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri izotrop gabrolarda en yüksek değerlere sahip olup kümülat gabrolarda en düşük değerlere sahiptir. Bu durum kayaçların alterasyon seviyeleri ile ilişkilendirilmektedir.
- Kuru ve suya doymun halde tek eksenli basma dayanımı sonuçlarına göre kümülat gabro, levha daykları ve volkanik kayaçlar orta ve yüksek dayanımlı kayaç sınıfında yer almaktadırlar. İzotrop gabrolarda ise bu deney için gerekli olan numune boyutlarına ulaşamamıştır. Bu durum yine yoğun alterasyonun bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Los Angeles parçalanma direnci deneyi sonucunda aşınma kaybı en fazla izotrop gabrolarda görülmektedir. İzotrop gabroların kırılğan yapısının bu sonucu doğurduğu düşünülmektedir. Bazalt olarak sınıflandırılan kayaçların yüksek parçalanma dirençleri ise volkanik kayaçlarda aşınma kaybının neden daha az olduğunu açıklamaktadır.
- Magnezyum sülfat donma çözülme deney sonucunda kümülat ve izotrop gabroların hem yüksek hızlı tren hatlarında hem de konvansiyonel hatlarda

sınır değerin altında kaldıkları ancak levha daykı ve volkanik kayaçların konvansiyonel hatlarda sınırın altında yüksek hızlı tren hatlarında ise sınırın üzerinde kaldıkları görölmüştür.

- ISRM ve TSE'ye uygun olarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre incelendiğinde kümülat gabro, izotrop gabro, levha daykları ve volkanik kayaçların konvansiyonel hatlar için balast malzemesi olarak kullanılabilir özelliklerde olduğu, yüksek hızlı tren hatları için kullanılabilir özelliklerde olmadığı tespit edilmiştir.

Fiziko-mekanik test sonuçları incelendiğinde kayaçların yüksek hızlı tren hatlarında direkt olarak kullanılabilir özelliklerde olmadığı ancak şartnamede belirtilen sınırlara yakın değerler sunmalarından dolayı bu kayaçların daha iyi sonuçlar veren kayaçlarla karıştırılarak kullanılması ilerleyen zamanlarda araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Aral, İ.F. (2004). Karatepe bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 17(2), 69-76.
- Akalan, A.O., (2010). *Bir kurum olarak Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları tarihi*. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Enstitüsü. Ankara. 356s.
- Beyazpıncı, M., (2005). *Keypez – Nişantı – Domuzdere – Kitiz (Afşin – Kahramanmaraş) dolayının jeolojisi*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana. 79s.
- Bilgiç, Ş. (2017). Demiryolu ders notları-1, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ulaştırma Anabilim Dalı.
- Deere, D.U., Miller, R.P., (1966). Engineering classification and index properties for intact rock. *Air Force Weapons Laboratory Technical Report; Volume I-II*, Leonard Hill, 270s.
- Gürocak, Z. (2016). Dedeyolu Köyü (Sivrice-Elazığ) civarındaki geç kretase yaşlı bazaltların kırılma olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 520-527.
- Kolin İnşaat, Biten projeler/ulaştırma ve altyapı projeleri, Kayseri kuzey geçidi varyantı (altyapı, üstyapı, sinyalizasyon, telekomünikasyon ve elektrifikasyon) ikmal yapım işi, Kayseri. [www.kolin.com.tr](http://www.kolin.com.tr). (erişim tarihi: 09.07.2019)
- Koralay, T., Çobanoğlu, İ., Demir, M.. (2014). Ofiyolitler içerisindeki gabro dayklarının balast malzemesi olarak kullanılabilirliği: İnceler (Bozkurt-Denizli) örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 32-48.
- ODTÜ Merkezi Laboratuvar, X Işını Floresans Spektrometresi, [www.merlab.metu.edu.tr](http://www.merlab.metu.edu.tr). (erişim tarihi: 09.07.2019)
- ODTÜ Merkezi Laboratuvar, X Işını Difraktometresi, [www.merlab.metu.edu.tr](http://www.merlab.metu.edu.tr). (erişim tarihi: 09.07.2019)
- Oğul, K., Topal, İ., Poşluk, E. (2012). Ankara-İstanbul yüksek hızlı tren demiryolunda balast hammaddesi olarak granit ve bazaltın birlikte kullanılabilirliğinin araştırılması ve aşınma dayanımlarına etkisi. *Yer Altı Kaynakları Dergisi*, 1(1), 81-89.
- Öztürk, İ., (2009). *Osmanlı İmparatorluğu'ndan günümüze demiryollarının gelişimi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. 183s.
- Parlak, O., Kozlu, H., Delaloye, M., Höck, V., Bağcı, U. (2002). Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) arasında yüzeyleyen Yüksekova ofiyolitinin jeokimyası ve jeokronolojisi. TÜBİTAK, Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu, Proje No: YDABÇAG – 199Y011. Adana.

- Profillidis, V., A., (2006). *Railway Management Engineering Third Edition*. Democritus Thrace University, Greece, Ashgate Publishing Limited Gower House. ISBN: 0-7546-4854-0, England, 469s.
- Rızaoğlu, T., Parlak O., İşler F. (2005). Esence granitoyidinin (Göksun-Kahramanmaraş) jeokimyası. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 26(1), 1-13.
- Rızaoğlu, T. (2017). Göksun ofiyolitine ait (Kahramanmaraş-Türkiye) yayla ilişkili volkanik kayaların alkali-silika reaksiyonu potansiyeli. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 247-256.
- Sabancı, A., (2018). *Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) magmatiklerinin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği*. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Malatya. 54s.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, (2018). Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Analiz Şubesi, İstatistik Yıllığı 2013-2017, Ankara.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, (2013). Raylı Sistemler Teknolojisi, Ankara.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, (2017). Demiryolu Bakım Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi, Teknik Şartname TCDD-BL002 Konvansiyonel Hatlarda Kullanılacak Balast Teknik Şartnamesi, Ankara.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, (2017). Demiryolu Bakım Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi, Balast Teknik Şartnamesi, Ankara.
- TS EN 1097-2, (2010). Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler, Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2, (2010). Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler, Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu C., Binal A., (2011). *Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 58, ISBN: 975-395-419-0, Ankara, 167s.
- Yümün, Z.Ü., Kılıç, A.M. (2002). Kamandağı İle Camdere Köyü arasının stratigrafisi (Göksun-Kahramanmaraş). *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Seri A-Yerbilimleri, 19(2), 193-202.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : İbrahim Burhan Yüzbaşı  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 28.10.1992, Kahramanmaraş  
Medeni hali : Bekâr  
Telefon : 05386995719  
e-posta : [burhan\\_yzb@hotmail.com](mailto:burhan_yzb@hotmail.com)

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Erciyes Üniversitesi/ İnşaat Müh. Bölümü	2014
Lise	Çukurova Elektrik Anadolu Lisesi	2010

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2017	Gencer Yapı denetim	Kontrol Mühendisi
2018-	Elif İnşaat&Mühendislik	Yönetici

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

1. Yüzbaşı İ.B., Rızaoğlu T., 2019. "Göksun Ofiyoliti Kabuksal Kayaçlarının Balast Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği" (*KSU Faculty Engineering & Architecture, International Symposium on Advanced Engineering Technologies (ISADET), KSU, 2019*)