

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

LEFKE TAŞININ YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ VE
EKONOMİK POTANSİYELİ

ABDULSAMET ÇATALBAŞ

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LEFKE TAŞININ YAPI TAŞI OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİ VE EKONOMİK POTANSİYELİ

ABDULSAMET ÇATALBAŞ

Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU
Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 10.10.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lefke taşı, daha önceki yıllarda doğal yapıtaşı olarak kullanılmış olsa da bir mühendislik jeolojisi yüksek lisans tezi kapsamında ilk defa bu çalışma ile mühendislik özellikleri ortaya konmaktadır. Doğal yapı taşlarının inşaat sektöründe önemli bir yeri vardır. Anadolu medeniyetleri, Selçuklu ve Osmanlı mimarileri incelendiğinde bu yapı taşları gerçekten kullanılan yapıya ayrı bir kimlik kazandırmaktadır. Lefke taşı da Osmaneli (Bilecik) ilçe sınırları içerisinde kullanımı yaygın olan çok özel bir kumtaşıdır. Bu taş eski binalarda, camilerde ve kiliselerde ve meşhur Haydarpaşa tren garında kaplama taşı ve blok taşı olarak kullanılmış ve günümüzde de kullanılmaya devam edilmektedir. Bu çalışma ise Lefke taşının Türkiye’de bilimsel anlamda tanınmasına sağlanacaktır.

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım bu çalışmada, tezimi yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ’a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında tezime katkıda bulunan Doç. Dr. Hamit Haluk SELİM hocama ve finansal destek sağladığı için YAPKO birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında ve sonuçları yorumlarken beni yönlendiren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK’a ve tez jüri üyesi Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU’na tezime yaptığı olumlu katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen ve tezimin her aşamasında katkıda bulunan lisans dönemi sınıf arkadaşım Emre CANKURT’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca; maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ekim – 2019

Abdulsamet ÇATALBAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	2
1.1. İncelemenin Amacı	2
1.2. İnceleme Alanı	2
1.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi.....	4
1.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler.....	6
2. BÖLGESEL JEOLojİ VE İNCELEME ALANI JEOLojİSİ	7
2.1. Bölgesel Jeoloji	7
2.2. Tektonik Konum	8
2.3. İnceleme Alanı Jeolojisi.....	8
2.4. Stratigrafi.....	10
2.4.1. Sarıcakaya granitoyidi (Cs).....	11
2.4.2. Bayırköy formasyonu (Jba).....	11
2.4.3. Bilecik kireçtaşı (Jb)	11
2.4.4. Taraklı formasyonu (Kt)	12
2.4.5. Lefke formasyonu (Tl)	12
2.4.6. Halidiye formasyonu (Th).....	13
2.4.7. Alüvyon (Qal)	13
2.5. Süreksizlikler.....	14
3. DOĞAL YAPI TAŞLARI.....	16
3.1. Sedimanter Kayaçlar	17
3.2. Metamorfik Kayaçlar	17
3.3. Mağmatik Kayaçlar.....	17
4. LEFKE TAŞININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ.....	18
4.1. Petrografik Özellikler.....	18
4.1.1. Makro analiz	18
4.1.2. Mikroskobik analiz	19
4.2. Mineralojik Analiz	21
4.3. Mekanik Özellikler.....	21
4.3.1. Eğilme dayanımı tayini	22
4.3.2. Capon deneyi.....	23
4.3.3. Tek eksenli basınç dayanımı	24
4.3.4. Nokta yük dayanımı	25
4.3.5. Üç eksenli basınç dayanımı.....	26
4.3.6. Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı deneyi	26

4.3.7. Sertlik deneyi	27
4.3.8. Shore sertliği	27
4.3.9. Knoop sertlik tayini.....	27
4.4. Fiziksel Özellikler	28
4.4.1. Birim hacim ağırlık tayini	28
4.4.2. Görünür yoğunluk açık ve toplam gözeneklilik tayini.....	29
4.4.3. Su emme tayini.....	30
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	31
5.1. Fiziksel Özellikler	31
5.1.1. Birim hacim ağırlık deneyi	31
5.1.2. Özgöl ağırlık	31
5.1.3. Ağırlıkça su emme oranı	32
5.1.4. Görünür yoğunluk toplam ve açık gözeneklilik tayini.....	33
5.2. Mekanik Özellikler.....	34
5.2.1. Tek eksenli basınç dayanımı	34
5.2.2. Nokta yük dayanım indeksi.....	34
5.2.3. Üç eksenli basınç dayanımı.....	35
5.2.4. Eğilme dayanımının tayini	36
5.2.5. Don tesirlerine dayanıklılık ve don Sonrası eğilme dayanım deneyi	36
5.2.6. Capon deneyi.....	37
5.2.7. Shore sertlik deneyi.....	37
5.2.8. Knoop sertlik deneyi	38
5.9. Ekonomik Potansiyel	38
5.10. Muhtemel Rezerv	39
6. LEFKE TAŞININ YAPITAŞI OLARAK KULLANILMASI	40
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	46
EKLER.....	51
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	54
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2.	Çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış diyagramı.....	5
Şekil 2.1.	Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	13
Şekil 2.2.	Lefke Formasyonun genel görünümü	17
Şekil 2.3.	İnceleme alanında GB-KD yönlü (A-A') alınmış jeolojik kesit	18
Şekil 2.4.	Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan özellikleri.....	19
Şekil 4.1.	Numaralı taş örneğinin genel görünüm.....	24
Şekil 4.2.	Numaralı taş örneğinin genel görünümü.....	25
Şekil 4.3.	Numaralı taş örneğinin polarizan mikroskop altında ince kesit görüntüsü.....	26
Şekil 4.4.	Numaralı taş örneğinin polarizan mikroskop altında ince kesit görüntüsü.....	27
Şekil 4.5.	Lefke Formasyonu'nun KFD üçgen sınıflamasındaki yeri.....	28
Şekil 4.6.	Eğilme dayanımı deney düzeneği	30
Şekil 4.7.	Capon Deneyi düzeneği	31
Şekil 4.8.	Tek eksenli basınç dayanımı düzeneği	32
Şekil 4.9.	Nokta yük dayanımı test cihazı.....	34
Şekil 4.10.	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi.....	35
Şekil 4.11.	Knoop sertlik tayini hesaplanması	37
Şekil 4.12.	İnceleme alanından alınan fiziko – mekanik deneyler için hazır getirilen numunelerin görüntüsü	38
Şekil 4.13.	Birim hacim ağırlık test cihazı.....	40

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. İnceleme alanının stratigrafik kesiti.....	14
Tablo 2.2. 4 Ana grubun Süreksizlik türü, doğrultusu, eğim açısı, aralığı, pürüzlülüğü, açıklığı, yüzeyinin bozunma derecesi	20
Tablo 4.1. Kumtaşı numunelerinin Dott (1964) sınıflandırılması	28
Tablo 5.1. Özgöl Ağırlık deneyi	43
Tablo 5.2. Ağırlıkça Su Emme deneyi	44
Tablo 5.3. Numunelerin gözeneklilik derecesi	45
Tablo 5.4. Lefke kumtaşının Tek eksenli basınç dayanım sonuçları	46
Tablo 5.5. Nokta yük dayanım sonuçları	47
Tablo 5.6. Üç eksenli basınç dayanımı	48
Tablo 5.7. Eğilme dayanımı tayini	49
Tablo 5.8. Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı.....	50
Tablo 5.9. Capon direnci tayini.....	50
Tablo 5.10. Shore sertlik deneyi tayini	51
Tablo 5.11. Knoop sertlik tayini	51
Tablo 5.12. Yıllara göre üretim miktarları	52
Tablo 5.13. Lefke kumtaşının muhtemel rezerv hesaplanması.....	53
Tablo 6.1. Lefke taşının ortalama fiziksel değerleri	55
Tablo 6.2. Lefke taşının mekanik özellik değerlerinin ortalaması.....	55
Tablo 6.3. Schmidt çekici geri tepme sayısına göre sertlik sınıflaması.	56
Tablo 6.4. Lefke kumtaşının bazı standart kayaçlarla sınır değerlerinin karşılaştırılması	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Cs	:Sarıcakaya Granitoyidi
De	:Eşdeğer Çap, (mm)
F	:Boyut düzeltme Faktörü, (f)
Fb	:Taşın Basınç Mukavemeti, (MPa)
H	:Kalınlık, (cm)
Jb	:Bilecik Kireçtaşı
Jba	:Bayırköy Formasyonu
Kt	:Taraklı Formasyonu
MPa	:Basınç
Th	:Halidiye Formasyonu

Kısaltmalar

KAF	:Kuzey Anadolu Fayı
TSE	:Türk Standartları Enstitüsü

LEFKE TAŞININ YAPITAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ VE EKONOMİK POTANSİYELİ

ÖZET

Bu çalışma Bilecik ili Osmaneli ilçe merkezinin güneyinde yüzeylenen ve yapıtaşı olarak kullanılan lefke kumtaşının petrografik, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koyarak yapı taşı olarak kullanılması değerlendirmektedir.

İnceleme sahasından alınan kayaçlar bir mermer atölyesinde kestirildikten sonra AKÜ – DAL (Afyon Kocatepe Üniversitesi – Doğal Taş Analiz Laboratuvarı)’ a gönderilmiştir. Bu laboratuvarında standartlara (TSE, ASTM) uygun olarak yapılan deneyler yardımıyla Lefke taşının fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmıştır.

Lefke taşının elde edilen laboratuvar sonuçlarına göre ortalama yoğunluğu $2,38 \text{ g/cm}^3$, gerçek yoğunluğu $2,68 \text{ g/cm}^3$, toplam gözenekliliği %11,26, ağırlıkça su emme %2,93, tek eksenli basınç dayanımı 94 MPa, eğilme dayanımı 11,45 MPa, nokta yük dayanımı 3,90 MPa, Mohs sertliği 4,5-5 olarak saptanmıştır. Arazi çalışmaları ile ilgili kayacın litolojik ve süreksizlik özellikleri belirlenmiştir.

Tüm çalışmalar neticesinde, Lefke kumtaşının deney sonuçları sedimanter kayaların yapı taşı kullanımı ile ilgili standartları (TS 11137, TS 11143, TS 11145) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında Lefke kumtaşının bu standartların sınır değerlerini sağladığı görülmüştür. Bundan dolayı, Lefke taşının yapıtaşı olarak kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş, Kumtaşı, Lefke, Yapıtaşı.

USAGE AND ECONOMIC OTENTIAL OF LEFKE STONE AS BUILDING STONE

ABSTRACT

This study evaluates the petrographic, physical and mechanical properties of Lefke sandstone which is used as a building stone and outcropped in the south of Osmaneli district center of Bilecik.

The rocks taken from the study area had been cut in a marble workshop and sent to AKÜ - DAL (Afyon Kocatepe University - Natural Stone Analysis Laboratory). In this laboratory, physical and mechanical properties of Lefke stone were determined with the help of tests carried out in accordance with standards (TSE, ASTM).

According to the laboratory results of Lefke stone mean density of 2.38 g / cm^3 , real density 2.68 g/cm^3 , total porosity 11.26%, water absorption by weight 2.93%, uniaxial compressive strength 94 MPa, bending strength 11.45 MPa, point load strength 3.90 MPa were obtained and Mohs hardness was determined as 4.5-5. Lithological and discontinuous properties of the rock related to the field studies were determined.

As a result of all studies, when the test results of Lefke sandstone are compared with the limit values of the standards (TS 11137, TS 11143, TS 11145) related to the use of building stone of sedimentary rocks, it is seen that Lefke sandstone provides the limit values of these standards. Therefore, it was concluded that Lefke stone is suitable for use as a building stone.

Keywords: Natural Stone, Sandstone, Lefke, Building Stone.

GİRİŞ

Doğal taş ve yapı taşları geçmişten günümüze insanların yapılarda kullandığı malzemelerin başında gelmektedir. Doğal ta değişik kökenli ve yeryüzünde bulunan her çeşit kaya için kullanılan genel terimdir. Endüstriyel anlamda doğal taş tanımı ise yasal izin ile üretilerek, işlenmeden veya işlenerek; boyutlandırılmadan veya boyutlandırılarak işlem gören kayalar için kullanılmaktadır. Bu şekilde üretilen taşlara doğal yapı taşı denir. Magmatik, metamorfik ve sedimanter kökenli kayalar doğal yapı taşı üretiminin temel kaynaklarıdır ve mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında özellikleri ortaya koymaktadır.

Tez çalışmasının konusu olan Lefke taşı bir kumtaşı çeşididir. Kumtaşları sedimanter kökenli kayalar olup kırıntılı kayaç grubuna girmektedir. Dane çapı 1/16 (0,0625 mm) ile 2 mm olan kum tanelerinin jeolojik olaylar sonucu çimento ile tutturulması ve diyajenez geçirilmesi ile oluşan kayaca kumtaşı adı verilmektedir. Fakat bu çok genel bir tanımdır ve kumtaşlarının mühendislik (fiziksel, kimyasal, mekanik, petrografik) özellikleri ile ilgili fikir vermemektedir. Kumtaşının mineralojik özellikleri ve bu bileşenlerin miktarları, dokusal özellikleri, jeolojik oluşum biçimi değişkendir. Bu özelliklere göre kumtaşlarının farklı adlamaları olmaktadır.

Kumtaşlarında esas olan elemanların mineralojik yapısı, büyüklüğü ve şekli ile çimentosunun kimyasal bileşimi göz önünde tutulur. Taneleri birleştiren çimento silisli ve kalkerli olanlar yapı taşı olarak kullanılabilirler. Killi, demir oksitli ve jipsli olanlar ise kullanılmazlar. Genelde bilinen kumtaşları, taneleri ve çimentosu silisli olanlardır. Bunların işlenmesi zor olduğundan, ülkemizde genelde kırmataş olarak kullanılmaktadır. Çimentosu kalkerli olan kumtaşlarının işlenmesi daha kolay olduğundan, kullanımı daha yaygındır. Kullanılış bakımından kumtaşlarının renkleri de önemlidir. Silisyum oksitli, kalsitli, dolomitli olanlar beyaz ve beyazımsı, hematitler kırmızı, limonitler sarı veya kahverengi, glokonitler yeşil, mangan oksit veya organik madde içerenler gri ve siyahımsı olurlar. Kumtaşlarının bazı çeşitleri kaldırım ve yapı taşı olarak kullanılırlar. Özellikle kırmızı çeşitleri mimaride kullanılır. Homojen yapılı olan kumtaşı, heykel yapımı içinde uygundur.

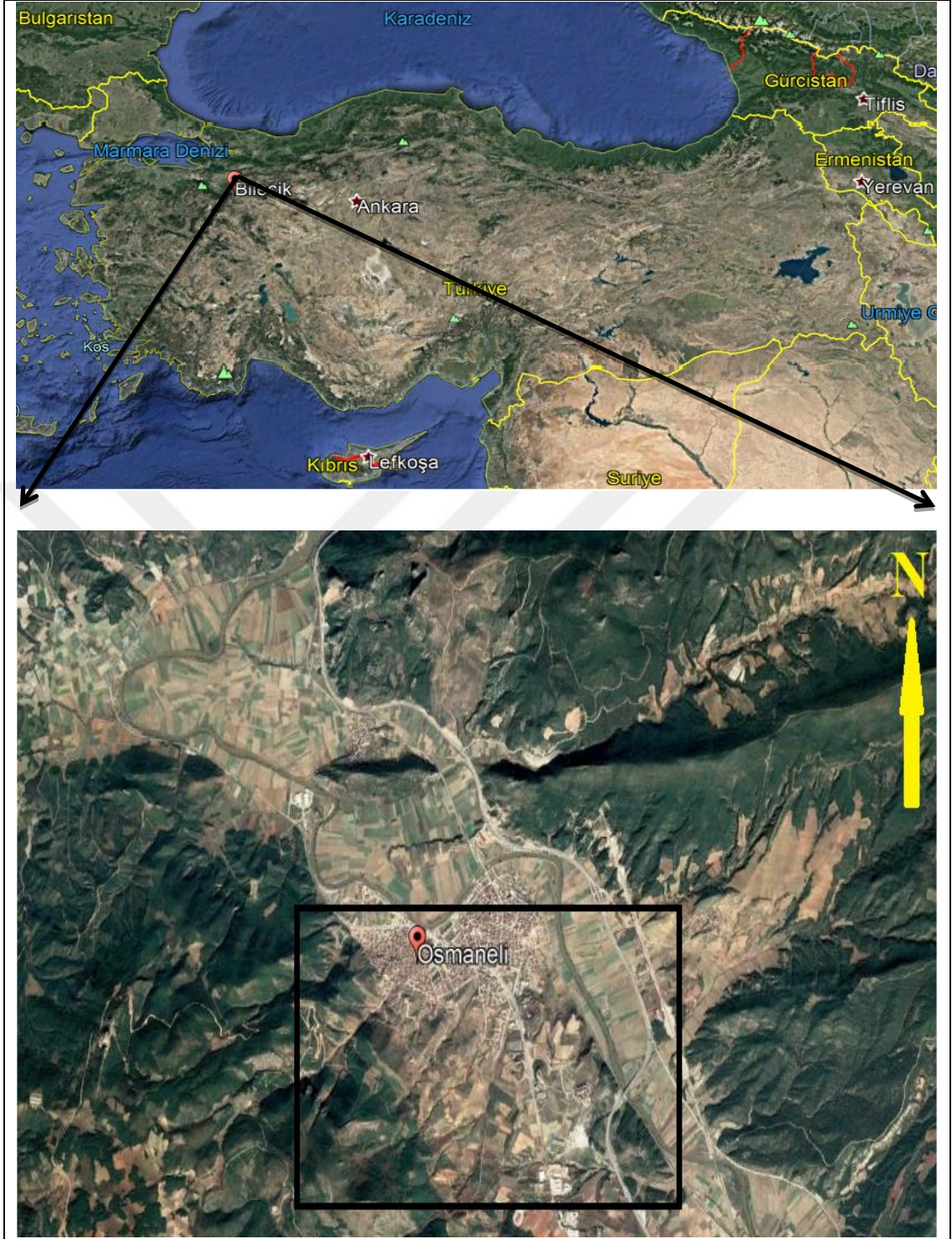
1. GENEL BİLGİLER

1.1. İncelemenin Amacı

Lefke taşının yapıtaşı özelliklerinin değerlendirildiği tez kapsamında birinci amaç Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalının Mühendislik Jeolojisi alanında bir yüksek lisans tezi hazırlamaktır. Diğer amaç Bilecik Lefke Taşının yapı taşı özelliklerini ve ekonomik potansiyelini belirlemektir. Araştırma sonunda Lefke Taşının kullanılabilirliği ve ekonomik açıdan değeri söz konusu olacaktır. Daha önce tez alanında bu kapsamda yapı taşı özelliklerinin araştırılmasına yönelik bu detayda bir çalışma gerçekleştirilmediğinden yeni bulgular ile Lefke taşının hakkında daha güncel ve detaylı veri ve bilgilere ulaşılmış olacaktır.

1.2. İnceleme Alanı

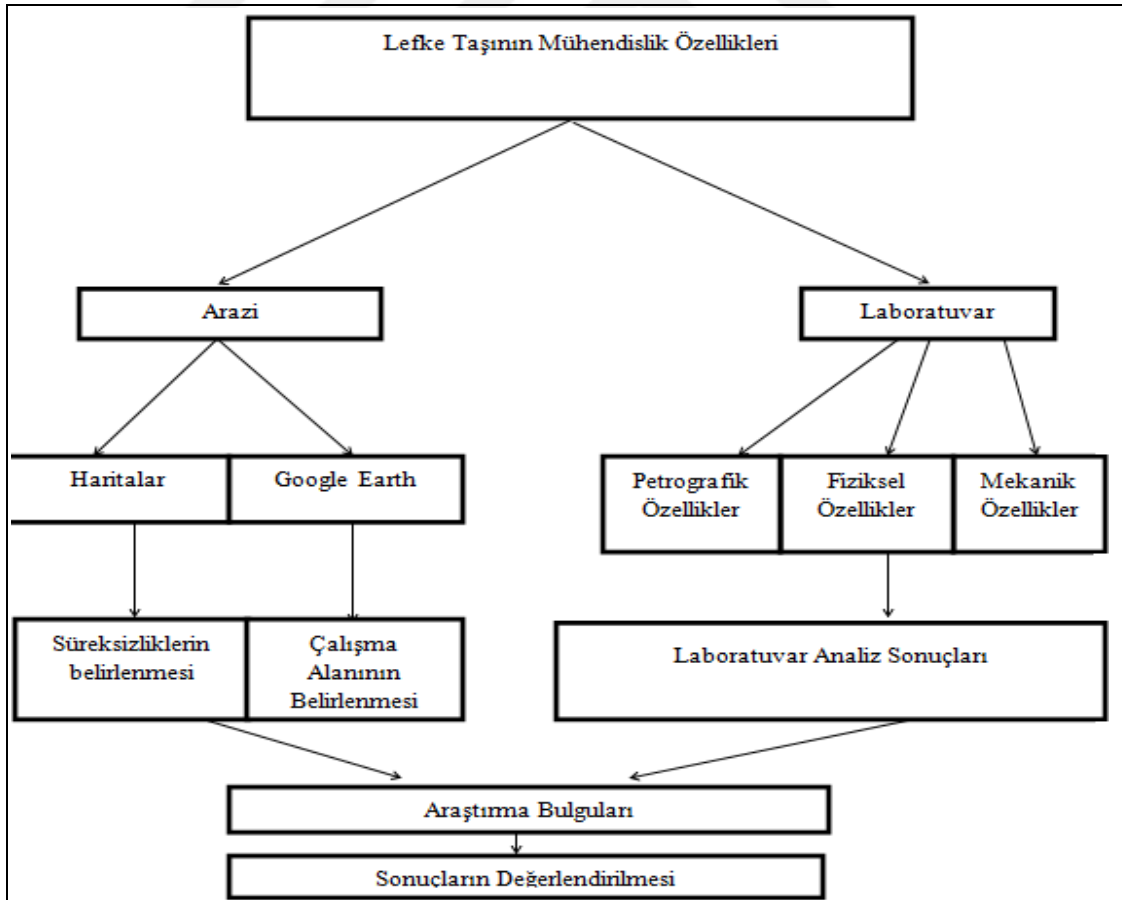
İnceleme alanı, Güney Marmara Bölgesinde Bilecik ili Osmaneli ilçesi sınırları içerisinde kalır. Osmaneli, Eskişehir'e 106 km, Adapazarı'na 72 km, Kocaeli'ne 110 km, Bursa'ya 104 km ve İstanbul'a 202 km uzaklıktadır. İnceleme alanı 1/25000 ölçekli H24a4 jeoloji paftasında yer almaktadır. İnceleme alanı, bu paftanın KB'sında yaklaşık olarak 75 km²'lik bir alanı kapsar ve Osmaneli ilçe merkezinin yaklaşık 7 km güney batısında yer alır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

1.3. Çalışma Yöntemi ve Süresi

Tez kapsamında çalışmalar büro, arazi ve laboratuvar değerlendirmeleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Büro çalışmalarında daha önceki çalışmalar, haritalar ve raporlar değerlendirilmiştir. Arazi çalışmaları jeolojik formasyon ve birimlerin tanınması, inceleme alanında yer alan Kızılcay Formasyonun Lefke taşı seviyelerinin ayrıntılı jeolojik incelenmesi ve laboratuvar deneyleri için gerekli numunelerin alınarak hazırlanması aşamalarından oluşmuştur. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında, araziden kestirilerek bloklardan numuneler alınarak çalışmanın amacına uygun petrografik, fiziksel ve mekanik deneyler yaptırılmıştır. Bu deneyler, AKÜ-DAL ve Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarında gerçekleştirilmiş olup TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Tez sonunda deneylerden ve analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek Kandıra taşının yapıtaşı özellikleri, yapıtaşı olarak kullanılabilirliği ve ekonomik potansiyeli ortaya konulmuştur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış diyagramı

1.4. Ulusal Düzeyde Yapılan İncelemeler

Ulusal düzeyde yapılan çalışmalar Bilimsel çalışmalarda en kayda değer olan çalışma Altınlı ve Yetiş (1972) makalesinde yer almaktadır. Lefke taşı Kızılçay formasyonu içerisinde yer alan kumtaşı seviyeleridir. İnceleme alanında yer alan Lefke taşının sadece varlığından bahsetmişlerdir.

Adin (2007) Mardin ve Midyat taşlarının bazı fiziksel değerleri araştırılmıştır. Bu çalışma ile, kumtaşlarının ne tür özellikleri olduğunu belirlenmiştir. Bu nedenle her taş için ayrı taş ocağından numuneler alınmış, kimyasal ve fiziksel deneyler yapılmıştır.

Bilecik bölgesindeki çalışma alanlarından Akyazı vd. (2001)' nin yapmış oldukları çalışmada Mesozoyik yaşlı kayalar incelenmiş ve Erken Jura transgresyonun ilk ürünleri olan Liyas yaşlı Bayırköy kumtaşına ait çökel kayalarıyla, Geç Jura – Erken Kretase yaşlı Titonik fasiyeste gelişmiş bol Capionelli kireçtaşlarının Geç Kretase yaşlı Vezirhan formasyonunda yer alır.

Yine Bilecik bölgesinde yapılan çalışmalarda Altıner vd. (1991) ve Koçyiğit vd. (1991)' nin Sakarya Kuşağı üzerinde yer alan Bilecik karbonat platformunun evrimi önceki çalışmalarda oldukça ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışma alanlarının batıda Edremit' den başlayarak doğuya doğru Vezirhan Bilecik'e kadar uzanmaktadır. Bu çalışmalar bölgesel ölçekte özellikle Bilecik, Bayırköy ve Vezirhan formasyonlarının yaşlandırılmasında önemli veriler sunmaktadır.

Gültekin ve Kılıç (2011), yapı taşları hakkında genel bilgiler vererek Edirne (Keşan) bölgesinde kumtaşının oluşumu incelemiştir. Bu çalışmada Keşan, Yenimuhacir ve Danişmen kumtaşlarının fiziksel özellikleri, renk, sertlik, birim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, yoğunluk ve su emme oranları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle ve standart sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır ve bölgede kumtaşının yapı taşı olarak kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Kılıç ve Gültekin (2009) tarafından ise tarihi eserlerde kullanılmış olan kumtaşlarının bünyesel ve dış etkenlere bağlı nedenlerle zamanla bozulmaların görüldüğü tespit edilmiştir. Özellikle karbonatlı kumtaşlarında bozulma sorunlarının daha fazla olduğu vurgulanmaktadır. Suyun taşın bünyesine girmesi bozulmayı tetikleyen en

önemli etkilerden bir tanesi olduğu ve yenilenme açısından esas olan tarihi eserdeki özgün malzemenin korunması gerekliliği savunulmaktadır. Bu nedenle su ve suyun olumsuz etkilerinden kumtaşı koruyabilmek amaçlanmıştır.

Yetiş ve Demirkol (1986) ise Adana - Salbaş civarında yüzeylenmekte olan kumtaşlarının mühendislik özelliklerini belirleyerek, ekonomik olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

Ulusay vd. (1994)'nin çalışmasında Karadeniz kömür bölgesinde kumtaşlarında açılan sondajlardan alınmış karot numunelerin tek eksenli basınç, elastik parametreleri, birim hacim, porozite ve nokta yük dayanımının belirlenmesi için deneylere tabii tutulmuştur. Aynı numuneler petrografik olarak da analiz edilmiş elde edilen sonuçlar yardımıyla istatistiki yöntemler kullanılarak, mühendislik özellikleri ile petrografik özellikleri arasında ilişkiler araştırılmıştır.

Zorlu vd. (2004) ise 5 adet kumtaşı numunesinin petrografik özellikleri ile dayanım ve bazı mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için istatistiki yöntemlere dayalı modeller üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada mühendislik özelliklerin belirlenmesinde köşeli taneler, tanelerin sıklığı ve dizilimleri gibi dokusal özelliklerin etkisinin kayacın mineralojisinden daha önemli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiki yöntemlerden korelasyon ile birbirleriyle ilişkilendirilmiştir.

Kaya vd. (2008)'nin çalışmasında, Mardin Midyat taşının kaplama ve yapı taşı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla Midyat Barıştepe bölgesindeki doğal taş ocaklarından alınan numunelerin ilgili laboratuvarındaki TSE standartlarına uygun deneyler ile kimyasal ve fiziko - mekanik özellikleri hesaplanmıştır.

1.5. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler

Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar yurtdışında yapılan benzer örneklerden biri ise Crocq (2010) çalışmasıdır. Bu çalışmada Kanada Alberta eyaletinin yapıtaşları ilgili bilgiler bir rapor halinde hazırlanmıştır. Raporda Alberta'nın jeolojik

formasyonları araştırılarak bu formasyonlardaki yapıtaşı potansiyeline sahip ağırlıklı olarak kumtaşı kayaların arazi tanım ve özellikleri, bu kayalar içinde işletilen ocakların özellikleri, ocakta taş çıkarma ve işletme teknikleri, yapı taşı ürünleri, kullanım alanları ve nakliye gibi farklı konulara yer verilmiştir.

Alberta'da kumtaşı bolluğu ve işlenebilirliği kolay olması nedeniyle en yaygın kullanılan taş malzemesidir. Kumtaşı esas olarak kuvars, feldispat oluşur. Kum taneleri genellikle bantlar veya tabakalar halindedir. Kumtaşı için tipik tane büyüklüğü 2 ila 0,06 mm arasındadır. Yapıyı bağlayan çimentonun kalitesi ve cinsi doğal olarak kumtaşının yapı taşı olarak nasıl çalıştığını etkiler. İl genelinde çeşitli binalar kumtaşı malzemesinden yapılmıştır; Buna örnek olarak Edmonton'daki Alberta İl meclisi binası, Calgary'nin belediye binası ve Lethbridge'in adliye sarayı dahildir.

Andrew McMillan (1997) mümkün olan yerlerde inşaat işleri için kumtaşı malzemesi kullanılmıştır. Sonuç olarak, Erken-Orta Devoniyen kırmızı-kahverengi ve Orcadian Havzası kenarlarında ortaya çıkan sarı kumtaşları değerli bir kaynak olduğunu kanıtladı. En eski kumtaşı yapı örneklerinden bazıları Kuzey Adaları'nda görülebilir. Shetland'da Lerwick Kumtaşı, bu şekilde 2000 yıllarda ustaca kullanıldı. Lerwick'in evlerinin çoğu bu taştan inşa edilmiştir. Orkney'de sarı kumtaşlarının dekoratif işler için uygun olduğu kanıtlandı. 12. yüzyıl St Magnus Katedrali, Kirkwall bu kumtaşlarından inşa edilmiştir ve Kirkwall'daki birçok bina ince taneli, sarı kumtaşlarından inşa edilmiştir.

Glasgow'un eski binalarında ağırlıklı olarak kumtaşı yapılmıştır. Glasgow binalarında iki renk kumtaşı görülür; kırmızı kumtaşı ve sarı kumtaşı. Sarı kumtaşı genellikle Karbonifer döneminden (yaklaşık 320 milyon yıl önce), aynı zamanda Glasgow ve çevresinde bulunan bir taştır. 18. ve 19. Yüzyıllarda bu kumtaşı, şehir merkezindeki birçok yapıda kullanılmıştır. Glasgow'da taş ocağı haline getirilmiş kumtaşı çok ince yataklı çeşitlilikte olmasına rağmen, bir kez daha taşınma arttıkça, pürüzsüz, temiz görümlü bir yapı taşı haline gelen “freestone” denilen daha kalın yataklı taş kullanılması daha çok istenmiştir.

2. BÖLGESEL JEOLojİ VE İNCELEME ALANI JEOLojİSİ

2.1. Bölgesel Jeoloji

Osmaneli ve civarı jeolojisi Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik zamanlarına ait jeolojik birim ve formasyonlarla temsil edilir. İnceleme alanını kapsayan bölgenin temelini Alt Paleozoyik veya daha yaşlı yaygın olarak gnays, mikaşist ve az da olsa mermer litolojileri içeren metamorfik bir topluluk oluşturur. Metamorfik temel Bilecik'in kuzeyinde ve güneyinde geniş mostralalar vermektedir. Bölgede çökelme Mesozoyik'te başlamış ve Jura döneminde yaklaşık 1500 metre kalınlığında bir sedimanter seri oluşturmuştur. Bu seri Bayırköy kumtaşı, demirli oolit üyesi ve Bilecik kireçtaşı olarak haritalanmıştır (Altınlı ve Yetiş, 1972). Metamorfik temelin üzerine açılal diskordanslı Mesozoyik zamanına ait ilk sedimanter birim olan Alt Jura yaşlı Bayırköy kumtaşı gelmektedir (Altınlı ve Yetiş, 1972; Saner, 1977). Tipik mostraları Bayırköy ve civarında yüzeyletiğinden bu isim verilmiştir. Gri-açık sarı, kötü boylanmalı, düzgün tabakalı, yer yer çapraz tabakalı, karbonat çimentolu, nadiren fosilli ve düzensiz kırılan bir kumtaşıdır. Alt tabakalar daha iri taneli ve metamorfik kaya parçaları ve çakılları içerir. Üst kesimlerdeki tabakalar ise iri taneli kumtaşlarından oluşur. Pembe-kırmızı renkli bol fosilli demirli oolit seviyesi üye olarak Eroskay (1965) tarafından haritalanmıştır. Bu birim çok küçük bir alanda Alt-Orta Jura döneminde çökelmiştir. Bayırköy kumtaşının üzerine Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşı çökelmiştir. Bölgede geniş yayılımlar sunan bu kireçtaşı beyaz-krem-pembe renkli ince dokulu, boşluksuz, düzgün ve orta-kalın tabakalı, sert, konkoidal ve köşeli kırılabilen, fosilli bir karbonat istiftir. Bilecik kireçtaşının üzerine Eroskay (1965) tarafından Üst Kratese yaşı verilen Vezirhan köyü ve civarında tipik mostrası görülen Vezirhan formasyonu gelmektedir. Bu formasyonda kireçtaşı, kilaşı, şeyl ve tüff litolojileri olmasına rağmen hâkim litoloji düzgün ve ince tabakalı, fosilli pelajik kireçtaşıdır. Güniviran köyü kuzeyinde ve Osmaneli'nin güneybatısında yaygın mostraları bulunmaktadır. Bu formasyon üzerine Üst Kratese'nin Maastrihtiyen katında çökelmiş Eroskay (1965) tarafından adlandırılmış ve yaş tayini yapılmış Gölpazarı Grubu gelir. Dar bir bant şeklinde Osmaneli'nden Karasu'ya kadar uzanan

bu grup yer yer fosil içeren litik kuvars vake, litik vake, marn, kumlu mikrit, grovak gibi litolojiler içerir (Altınlı ve Yetiş, 1972). Gölpazarı Grubu Üst Kretase çökelleri bölgede 960 metre kalınlığa sahiptirler. Bölgede Senozoyik 40 m kalınlık sunan Alt Paleosen yaşlı Selvipınar kireçtaşı ve 400 metre kalınlığa sahip Üst Paleosen yaşlı Kızılçay formasyonu ile temsil edilir. Gri-açık kahve renkli, uniform dokulu, kompakt, sert, orta-kalın tabakalı ve fosilli Selvipınar kireçtaşı konkordan olarak Gölpazarı Grubu üzerine gelir. Kırmızımsı-yeşilimsi-sarımsı renkli, çok sert olmayan çakıltaşı, kumtaşı, marn ve kiltası litolojileri içeren Kızılçay formasyonuna Eroskay (1965) tarafından Üst Paleosen yaşı verilmiştir.

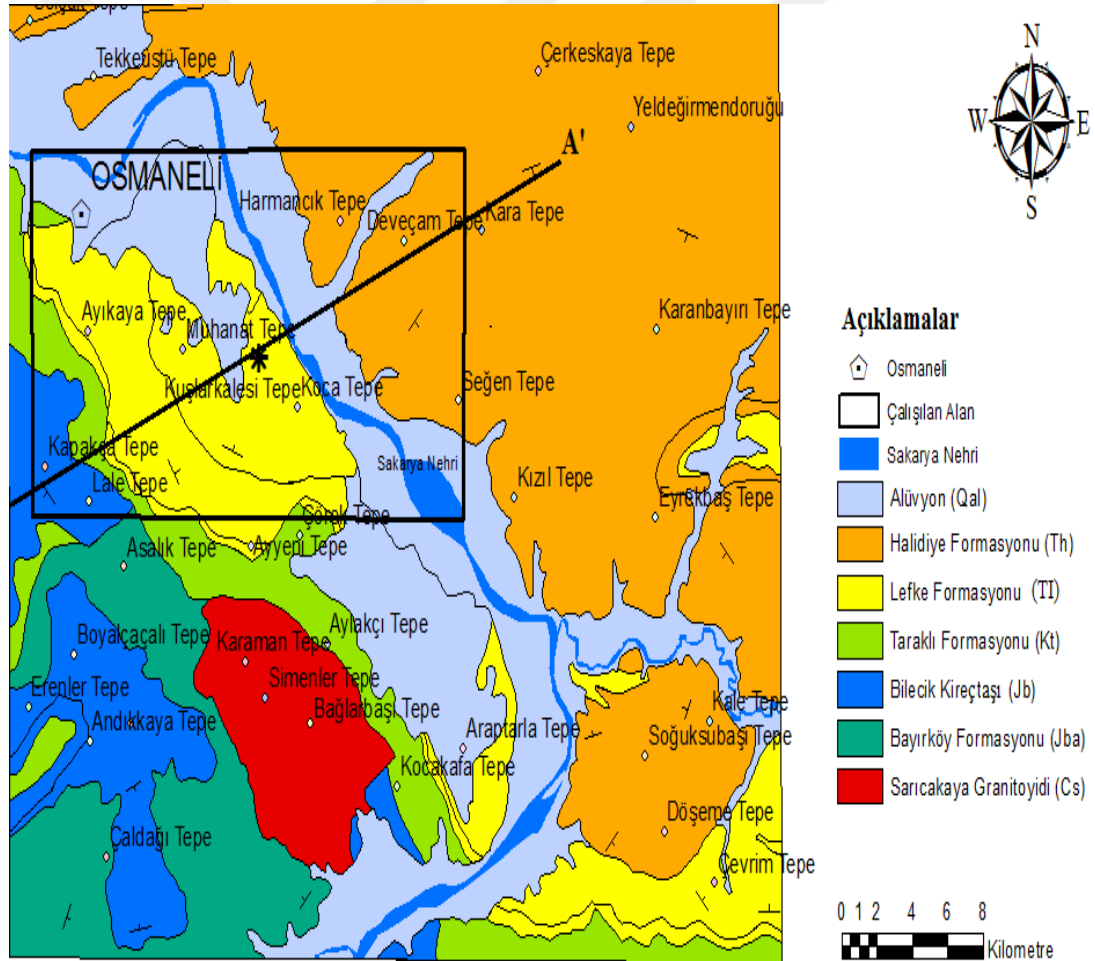
2.2. Tektonik Konum

Kuzey Anadolu fay (KAF) nazaran güneyde yer alan tektonik birliğe, Şengör ve Türkiye'nin tektonik birlikleri arasında önceki sınıftandırmalar içinde ayırtlanmamış ve Batı Pontidlerin özellikle bir kesimi olarak gösterilmiştir. Ancak Batı Pontidlerin özellikle Kuzey Anadolu fay zonunun kuzeyinde kalan kesimiyle Eosene değin ortak özellikler taşımayan bu bölgenin ayrı tanıtılması gerektiğinden 'Sakarya Kıtası' adı teklif edilmiştir. Anadolu fay zone, Batı Pontidleri Bolu ile Marmara Denizi arasındaki kesimde Sakarya kıtasından ayıran bir ofiyolit kuşağını izlemesi nedeniyle doğal bir referans olarak görülmektedir.

2.3. İnceleme Alanı Jeolojisi

Osmaneli ve civarı jeolojisi Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik zamanlarına ait jeolojik birim ve formasyonlarla temsil edilir. Tez alanını kapsayan bölgenin temelini Sakarya Zonu temel birimlerini oluşturan Karbonifer yaşlı Sarıcakaya Granitoyidi oluşturur. Bölgede çökelme Mesozoyik'te başlamış ve Jura döneminde yaklaşık 1500 metrelik bir sedimanter seri oluşturmuştur. Bu seri Bayırköy kumtaşı, demirli oolit üyesi ve Bilecik kireçtaşı olarak haritalanmıştır (Altınlı ve Yetiş, 1972). Magmatik temelin üzerine açısız diskordanslı Mesozoyik zamanına ait ilk sedimanter birim olan Alt Jura yaşlı Bayırköy kumtaşı gelmektedir (Altınlı ve Yetiş, 1972; Saner, 1977). Tipik mostraları Bayırköy ve civarında yüzeylendiğinden bu isim verilmiştir. Gri-açık sarı, kötü boylanmalı, düzgün tabakalı, yer yer çapraz tabakalı, karbonat çimentolu, nadiren fosilli ve düzensiz kırılan bir kumtaşıdır. Alt tabakalar daha iri taneli ve metamorfik kaya parçaları ve çakılları içerir. Üst kesimlerdeki tabaklar ise

iri taneli kumtaşlarından oluşur. Pembe-kırmızı renkli bol fosilli demirli oolit seviyesi üye olarak Eroskay (1965) tarafından haritalanmıştır. Bu birim çok küçük bir alanda Alt-Orta Jura döneminde çökelmiştir. Bayırköy kumtaşının üzerine Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşı çökelmiştir. Bölgede geniş yayılımlar sunan bu kireçtaşı beyaz-krem-pembe renkli ince dokulu, boşluksuz, düzgün ve orta-kalın tabakalı, sert, konkoidal ve köşeli kırılabilen, fosilli bir karbonat istiftir. Bilecik kireçtaşı üzerine ağırlıklı Kretase yaşlı Taraklı Formasyonu uyumlu olarak gelir. Paleosen yaşlı kumtaşı hakim olan Lefke Formasyonu Taraklı Formasyonu üzerinde diskordansla yer alır. Eosen yaşlı Halidiye Formasyonu Lefke Formasyonu üzerinde en genç formasyon olarak bulunur. Alüvyon birimler ise örtü birimleri olarak tüm formasyonların üzerinde diskordansla yer alır. (Şekil 2.1).

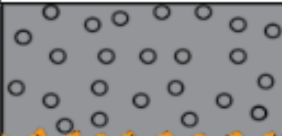
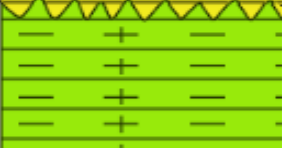
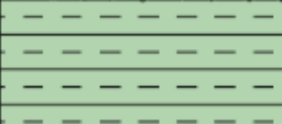


Şekil 2.1. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası

2.4. Stratigrafi

İnceleme alanında yaşlıdan gence stratigrafik olarak temelde Karbonifer yaşlı Sarıcakaya Granitoyidi, onun üzerinde Alt Jura yaşlı Bayırköy Formasyonu ve Üst Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşı gelir. Bunların üzerinde Kretase yaşlı Taraklı Formasyonu ve Paleosen yaşlı Lefke Formasyonları yer alır. Eosen yaşlı Halidiye Formasyonu Lefke Formasyonu üzerinde en genç formasyon olarak bulunur. Alüvyon birimler ise örtü birimleri olarak tüm formasyonların üzerinde yer alır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. İnceleme alanının stratigrafik kesiti

Üst Sistem	Sistem	Formasyon ve üye	Litoloji	Açıklamalar
Senozoik	Kuvaterner	Alüvyon (Qal)		Çakıl, kum, kil, silt
	Eosen	Halidiye Formasyonu (Th)		Türbiditik kumtaşı ve kireçtaşı
	Paleosen	Lefke Formasyonu (Tl)		Açık sarı ve açık gri renkli, kalın-orta-ince tabakalı şeyl, marn, kumtaşı
Mezozoyik	Kretase	Taraklı Formasyonu (Kt)		Yeşilimsi gri renkli, ince-kalın tabakalı, kumtaşı ağırlıklı marn, şeyl ve kireçtaşı
	Jura	Bilecik Kireçtaşı (Jb)		Beyaz pembe renkli mikrit ve kireçtaşı
		Bayırköy Formasyonu (Jba)		Kırmızımsı, yeşilimsi gri, ince-orta-kalın tabakalı ve/veya çapraz tabakalı arkoz kumtaşı
Paleozoyik	Karbonifer	Sarıcakaya Granitoyidi (Cs)		Granit, az olarak migmatit, diyorit ve pegmatit

2.4.1. Sarıcakaya granitoyidi (Cs)

Sarıcakaya Granitoyidi çalışma alanında en yaşlı birim olarak temel birimi oluşturmaktadır. Birim ilk defa Göncüoğlu vd. (1996) tarafından Eskişehir ili Sarıcakaya ilçesinde gnays ve amfibollerle birlikte yüzeylenen volkanikler (granit – granodiyorit) için ve üye seviyesinde adlandırılmıştır. Aynı volkanikler Demirkol (1977), Akçasu magmatitleri adı altında ve formasyon seviyesinde isimlendirilmiştir. Birimin görüldüğü yerler çalışma alanının güneyinde Aktaş sırtı civarındır.

Sarıcakaya Granitoyidi granit ve granodiyorit karmaşığından ibarettir. Hakim litoloji granodiyorittir. Daha az olarak migmatit, diyorit, aplit ve pegatit içermektedir. (Demirkol, 1977; Göncüoğlu vd 1996). Birim içerisinde en eski magmatik fazı diyoritler oluşturmaktadır. Bunlar diğer tüm granitoyid türleri tarafından kesilirler. Genellikle plajiyoklaz, hornblend, biyonit ve titanit içerir. Kuvars miktarının artmasıyla tonalitlere dönüşür (Göncüoğlu vd 1996). Birimin yaşını, Permien yaşlı sedimanlara çakıl veren Sarıcakaya granodiyoritlerini Karbonifer olarak tespit etmişlerdir.

2.4.2. Bayırköy formasyonu (Jba)

Liyas transgresyonunun ilk ürünleri olan ve temeli uyumsuz olarak örten örtü birimlerinin tabanını oluşturan Bayırköy kumtaşına ait birimler çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Osmaneli çalışma alanının güneyindeki Şahinler Tepe'nin güneyinde yüzeylenmektedir Altınlı (1973a).

Birimin alt yüzeyleri akarsu çakıltaşlarından, üst düzeyleri ise, kahverengi – sarı renkli sparitik çimentolu kumtaşlarından oluşmaktadır. Karasaldan denizel ortama geçiş izlerinin kolayca gözlenebildiği bu birimin kalınlığı inceleme alanında 80 – 110 m arasında değişmektedir. İçerisinde yaş verecek fosil bulgusuna rastlanmamış olup, stratigrafik konumu göz önüne alınarak, birime Liyas yaşı verilmiştir. (Altınlı, 1973a; Akyürek vd. 1996)

2.4.3. Bilecik kireçtaşı (Jb)

Sadece kireçtaşından oluşan birim ilk defa Granit ve Tintant (1960) tarafından adlandırılmıştır. Birim, kuzeybatı Anadolu' daki Bilecik Grubu (Altınar vd. 1991) ile eşdeğerdir. Çalışma alanında güney ve batı kesimlerde oldukça yaygındır.

Bölgede mermer olarak işletilen Bilecik Kireçtaşı, beyaz, krem, gri ve pembemsi renklerde orta – kalın tabakalı, yer yer masif görünümlü kireçtaşlarından oluşur. İstif alttan itibaren kumlu kireçtaşı, orta seviyelerde mercan ve alglerin olduğu resifal karakterli, daha üstte ise ince taneli mikritik kireçtaşı niteliğindedir. Formasyon dik yamaçlar, sert, bol kırıklı ve çatlaklı görünümün yanı sıra, karstik yapıları da oldukça belirgindir. Formasyonun ortalama kalınlığı 300 – 350 m civarındadır. Altiner vd. (1991) Birim altta Bayırköy Formasyonu ile paralel uyumsuzken, üstte Taraklı Formasyonu ile açısız uyumsuzlukla örtülmektedir. Kireçtaşının yaşı Altiner vd. (1991) tarafından Kimmerisiyen-Erken Hotriviyen olarak belirlenmiştir.

2.4.4. Taraklı formasyonu (Kt)

İlk defa Saner (1977) tarafından Taraklı Formasyonu adıyla isimlendirilmiştir. Kumtaşı ağırlıklı olan istif Duru vd. (2002) tarafından da üye seviyesinde incelenmiştir. Bu Formasyon yeşilimsi gri renkli, ince-kalın tabakalı, kumtaşı ağırlıklı, marn, şeyl, kumtaşı, ve çakıllı kumtaşı ile yer yer bej renkli, az belirgin tabakalı ve Orbitoides’li kireçtaşından oluşmaktadır.

Birim içerisinde paralel ve çapraz tabakalanma, taban yapıları, tane boyunun alttan üste doğru büyümesi gibi özellikler ön plandadır. Çalışma alanında birimin gözlemlendiği yer güney-güneybatıya doğru oldukça yaygındır. Taraklı Formasyonu üstte yer alan Lefke Formasyonu ile geçişlidir. Birimin kalınlığı 100-300 m arasında olup yanal olarak kireçtaşı ve marna dönüşmektedir. Saner (1977)’e göre birimin yaşı Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir.

2.4.5. Lefke formasyonu (Tl)

Birim ilk defa Eroskay (1965) tarafından, sonra Altınlı (1973b), Tüysüz (1976) ve Saner (1977 ve 1980) grup mertebesinde adlamasını yapmışlardır. Göncüoğlu vd. (1996) ise aynı birimi Selvipınar Formasyonu’na ait Kızılçay Grubu adı altında incelemiştir. Ancak bu çalışmanın konusunu teşkil eden bu birim bu çalışmada diğer litolojilerden ayırt edilerek yeniden “Lefke Formasyonu” olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2.2). Lefke Formasyonu, açık sarı ve açık gri renkli, tabanda masif, kalın-orta-ince tabakalı, şeyl, marn, kiltası, çamurtaşı aralanmalı olup kumtaşı ağırlıklı bir birimdir. Formasyonun en üst seviyeleri ise yer yer ince tabakalı ve laminalı kiltası

ve kumtaşı ardalanmalı, genellikle orta-ince tabakalı kumtaşı seviyeleriyle son bulmaktadır. Birimin yaşı Duru vd. (2002)'ne göre Paleosen olarak kabul edilmiştir.



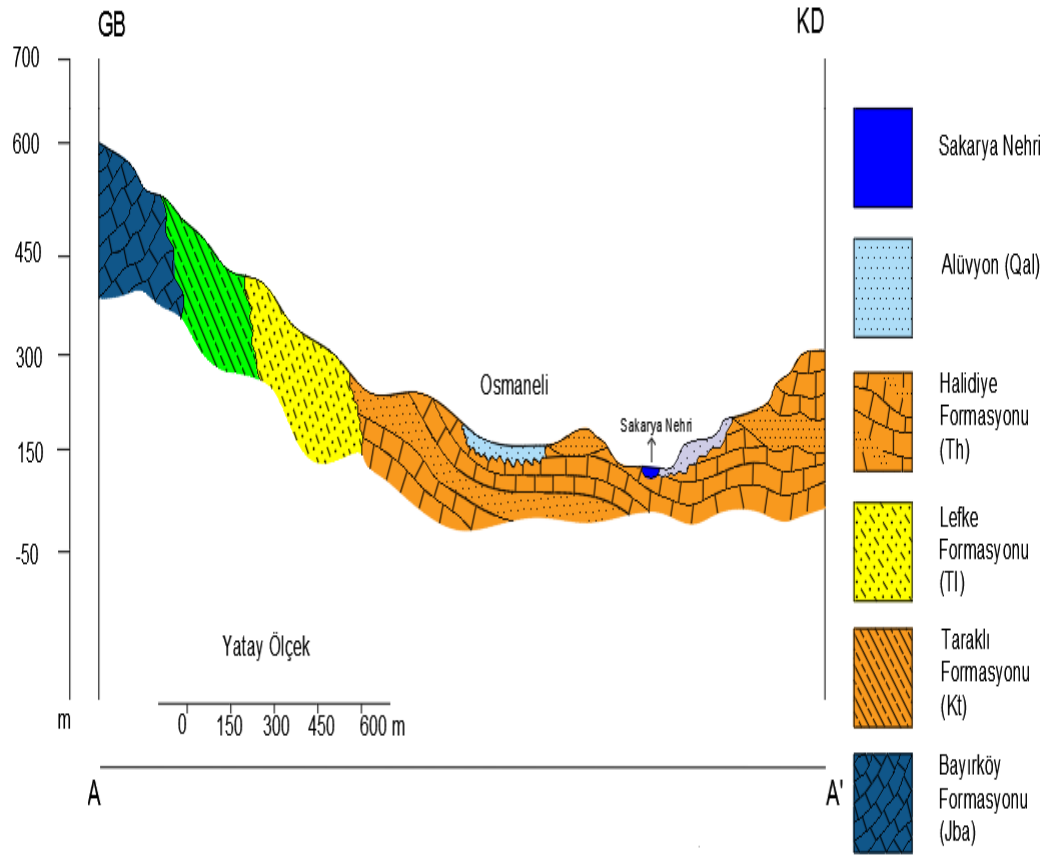
Şekil 2.2. Lefke Formasyonun genel görünümü

2.4.6. Halidiye formasyonu (Th)

Halidiye formasyonu ilk defa Saner (1977) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon genellikle türbiditik kumtaşı, kiltası ve kireçtaşından ibarettir. Bu formasyonu Lefke Formasyonundan ayıran en belirgin özellikler, türbiditik yapısı ve en üst seviyelerinin kalın tabakalı kireçtaşından oluşmasıdır. Kiltası ile başlayan formasyon kumtaşı ve şeyl ardalanması şeklinde devam eder. Kiltası boz renkli, ince tabakalı olup yer yer laminalıdır. Birim üste doğru irileşerek sarımsı ve boz renkli kalın tabakalı kumtaşına geçer (Şekil 2.3).

2.4.7. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanındaki en genç çökellerden biri de çakıl, kum, kil ve silt boyutundaki malzemelerden oluşan alüvyon malzemesidir. Düzlük alanlarda çökelen alüvyon, kendinden önceki tüm birimleri uyumsuz olarak örter.

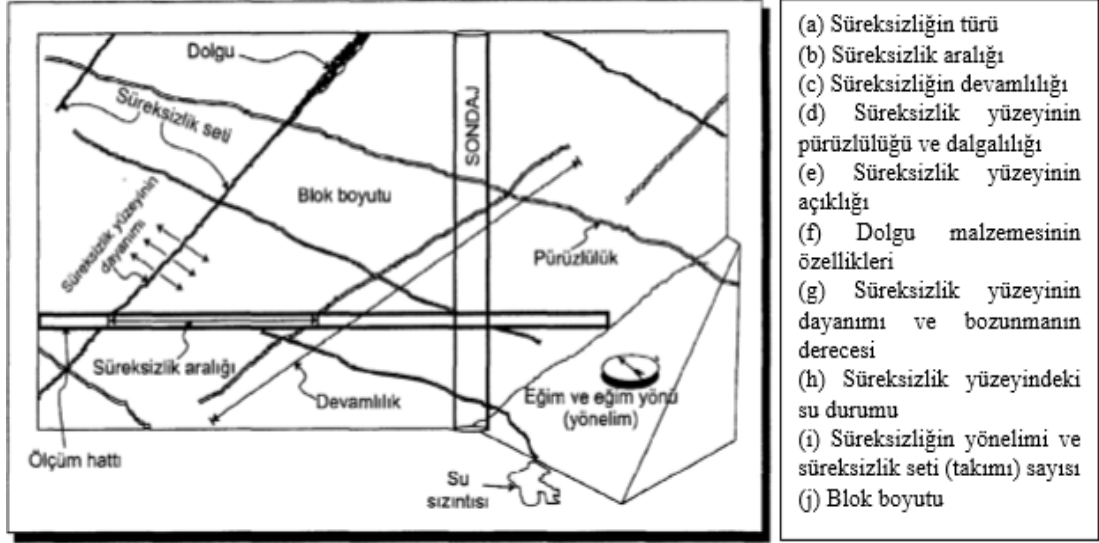


Şekil 2.3. İnceleme alanında GB-KD yönlü (A-A') alınmış jeolojik kesit

2.5. Süreksizlikler

“Süreksizlikler, kaya kütlesi içinde bulunan eklem, tabaka düzlemi, fay, klivaj, foliasyon, çatlak gibi mekanik süreksizlik yüzeyleri veya kırıklardır”. Kaya kütleleri; sürekli, homojen ve izotrop malzemelerden olmayıp, çeşitli süreksizlikler tarafından kesilirler. Bu nedenle, dış yüklere maruz kalabilen söz konusu kütlelerin davranışı, içerdikleri süreksizliklerin özellikleri dikkate alınmadan gerçeğe yakın şekilde analiz veya önceden tahmin edilemez. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında en önemli aşama, süreksizliklere ait özelliklerin tanımlanmasıdır.

Kaya kütlelerinin tanımlanması amacıyla süreksizliklerin aşağıda belirtilen ve (Şekil 2.4)’ de blok diyagramda gösterilen özellikleri belirlenir.



Şekil 2.4. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri

Çalışma alanında yüzeylenen mostra başında gözlemler, pusula – çelik – şerit metre kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucu Lefke kumtaşında tespit edilen 4 ana takımın süreksizlik türü, süreksizlik aralığı, süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü, süreksizlik yüzeylerinin açıklığı, bozunma derecesi (Tablo 2.2)’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. 4 Ana grubun Süreksizlik türü, doğrultusu, eğim açısı, aralığı, pürüzlülüğü, açıklığı, yüzeyinin bozunma derecesi

Ölçü No	1. Takım	2. Takım	3. Takım	4. Takım
Süreksizlik Türü	Tabaka	Tabaka	Tabaka	Tabaka
Süreksizlik Doğrultusu	GD	GD	GB	GB
Eğim Açısı	60	35	80	65
Eğim Aralığı	Orta Derecede Aralıklı (20-60cm)	Orta Derecede Aralıklı (20-60cm)	Orta Derecede Aralıklı (20-60cm)	Orta Derecede Aralıklı (20-60cm)
Pürüzlülüğü	Düzlemsel(Pürüzlü)	Dalgalı(Pürüzlü)	Dalgalı(Pürüzlü)	Düzlemsel(Pürüzlü)
Açıklığı	Sıkı(0,1-0,25 mm)	Kısmen Açık(0,25-0,5 mm)	Kısmen Açık(0,25-0,5 mm)	Sıkı(0,1-0,25 mm)
Bozunma Derecesi	Orta Derecede Bozunmuş	Orta Derecede Bozunmuş	Orta Derecede Bozunmuş	Orta Derecede Bozunmuş

Süreksizlik aralıkları ölçüm sonuçlarına göre lefke kumtaşının orta derecede süreksizlik aralığına sahip bir kayaç olduğu saptanmıştır. Süreksizlik aralığının azalması sonucunda kaya kalitesinin de azalacağı düşünülerek bu parametre açısından kumtaşlarını orta kalitede kayaçlar olarak tanımlamak mümkündür.

3. DOĞAL YAPI TAŞLARI

Ticari anlamda doğal yapı taşı; mermer gibi blok verebilen, kesilip cilalandığında parlatılabilen, dayanıklı ve hoş bir görünüme sahip her türden kayaların (magmatik, sedimanter, metamorfik) tümü için kullanılan bir terimdir.

Yapıtaşlarının yapı endüstrisinde kullanılabilmeleri için nitelik ve nicelik bakımından yeterli olması gerekir. Yapıtaşlarının niteliklerinin belirlenebilmesi için yapıtaşları için çıkarılmış TS 699 (1978), BS EN 1341 (2012) ve ASTM C616/C616M (2015) gibi standartlar mevcuttur. Standartlara uygun yapılan deneylerden elde edilen değerlerin yine bu standartlarda belirtilen sınır değerlerden yüksek olması istenir. Yapıtaşı olarak kullanılacak bir taşın belli başlı özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu özellikler petrografik (renk, doku, mineral türü ve boyutları, tane şekli, homojenlik, boşluklar, ayrışma) fiziksel (birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, doluluk oranı, porozite, su emme, geçirgenlik), kimyasal (atmosfer etkisi, asitlerin, gazların ve suların etkisi), mekanik (basınç dayanımı, çekme (eğilme) dayanımı, darbe dayanımı, aşınma dayanımı, dondan sonra basınç dayanımı, sertliği) ve teknolojik (delinebilme, patlatılabilme, kesilebilme, parlatılabilme) ayrışma ve ayrışma derecesidir (Erdem, 1981).

Anadolu'nun birçok antik şehirlerinde, Selçuklu ve Osmanlı mimarisinde kumtaşı, kireçtaşı, mermer ve tüfler büyük bir ustalıkla işlenerek cami, medrese, kilise ve han gibi binaların iç ve dış mekânları kaplanmış ve süslenmiştir (Erdem, 1981; Çelik, 2003; Kumsar vd. 2003; Kaya vd. 2008). Cumhuriyet döneminde de Ankara ve İstanbul gibi büyük şehirlerde büyük binaların doğal taşlar ile yapılmasıyla taş işçiliğinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise teknolojik gelişmelere paralel olarak yeni yapı malzemelerinin kullanılmaya başlanması sonucunda taş işçiliği uzun yıllar ikinci planda kalmış ve zamanla kaybolmaya yüz tutmuştur. Özellikle betonun ön plana geçmesi ve ucuz yapılara öncelik verilmesi doğal taş kullanımını azaltmıştır. Doğal taş işçiliğinde eski günlere dönmek çok zor olsa da son yıllarda, homojenlikten bıkan, zevk ve desene önem veren insanların,

eskiye olan özlemleri ve antik görünüm istekleri, taş işçiliğini yeniden canlandırmaya başlamış ve doğal taşların kullanım alanları giderek genişlemiştir

3.1. Sedimanter Kayaçlar

Kayaçların her çeşit şartlar altında fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma sonucu bozulması ve dağılması, daha sonra oldukları yerde veya değişik yollarla taşınarak belirli yerlerde çökmesi sonucu oluşan kayaçlardır. Sedimanter kayaçlar genellikle tabakalıdır ve fosil içerirler. Sedimanter kayaçlar yeryüzünün %75-80'ini örter. Geri kalan %25'i magmatik ve metamorfik kayaçlardan oluşur. Sedimanter kayaçlar çok çeşitli olsalar bile bunlardan ancak birkaçı yaygın olarak görülür. Bunlar kumtaşı, kireçtaşı, kiltası ve şeyl'lerdir. Yapı taşı olarak kullanılan sedimanter kayaçların başında kireçtaşları, kumtaşları ve çakıtaşları gelmektedir. Doğal yapı taşı olarak kullanılan sedimanter kayalar için Türkiye'den Kandıra taşı (kireçtaşı), Lefke taşı (kumtaşı), Yenimuhacir kumtaşı, Midyat taşı (dolomitik ve kireçtaşı), traverten oluşumları örnek verilebilir.

3.2. Metamorfik Kayaçlar

Metamorfik kayaçlar yerkabuğunun derinliklerinde kayaçların yüksek ısı, basınç altında kimyasal aktivite halindeki sıvı ve gazların da etkisi ile mekanik, mineral ve kristal yapılarının değişerek yeni bir kayaç türüne dönüşmüş halidir. Türkiye'de Afyon somakisi, Kemalpaşa beyazı, Elazığ vişnesi, Marmara beji en fazla öne çıkan metamorfik kökenli doğal yapıtaşlarıdır.

3.3. Mağmatik Kayaçlar

Püskürük kayaçlar magmanın soğuyarak katılaşması sonucu oluşurlar. Kökenlerini magma oluşturduğu için bunlara “mağmatik kayaçlar” adı da verilir. Magma bazen yeryüzüne ulaşır ve orada soğuyup katılaşır. Bazen de magmanın soğuması yerin iç kesimlerinde belirli bir derinlikte gerçekleşir. Soğumanın yeryüzünde veya derinlerde meydana gelmesi püskürük kayaçların yapısı üzerinde önemli rol oynar. Soğuma derinde olursa katılaşma yavaş olur. Buna bağlı olarak kayaçlar iri kristallidir. Buna karşılık soğumanın hızlı olduğu kayaçlar ince kristalli veya camsı yapıdadır. Türkiye'de en fazla bilinen magmatik kökenli doğal yapıtaşları Ahlat taşı (ignimbrit), Ankara taşı (andezit), Nevşehir taşı (ignimbrit), Sille taşı (andezitik tuf), Pilekitaşı(porfiribazalt)'dır.

4. LEFKE TAŞININ MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

4.1. Petrografik Özellikler

Lefke taşının petrografik özellikleri makro ve mikro olarak yapılmıştır. Kullanım alanlarından biri olan Haydarpasha Gar Binası'nın dış cephesinde birbirinden farklı görünen 3 farklı kumtaşı (sarı, grimsi sarı ve yeşilimsi kumtaşları) petrografik analizleri için incelenmiştir. Yapıdaki bozunma durumlarına bakıldığında en çok yeşilimsi kumtaşlarının en az da grimsi sarı kumtaşlarının bozulduğu görülmektedir.

Bu değerlendirmede Osmaneli Güneydoğusunda yer alan Kuşlarkalesi mevkiisinde yer alan eski bir taş ocağından alınan 2 adet taş örneği ve bu örneklerin yapıdaki taşlarla petrografik olarak uyumlu olup olmadığı incelenmektedir.

4.1.1. Makro analiz

Örnekler üzerinde yapılan makro (görsel) analize göre: bir numaralı taş örneği grimsi sarı renkli, orta boy taneli, taneleri gözle rahat seçilebilen kumtaşıdır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Numaralı taş örneğinin genel görünüm

2 numaralı taş örneği ise; koyu sarı renkli, demirli, çok ince taneli kumtaşıdır (Şekil 4.2). Taneler gözle seçilememektedir, masif ve çok sert bir taş örneğidir.



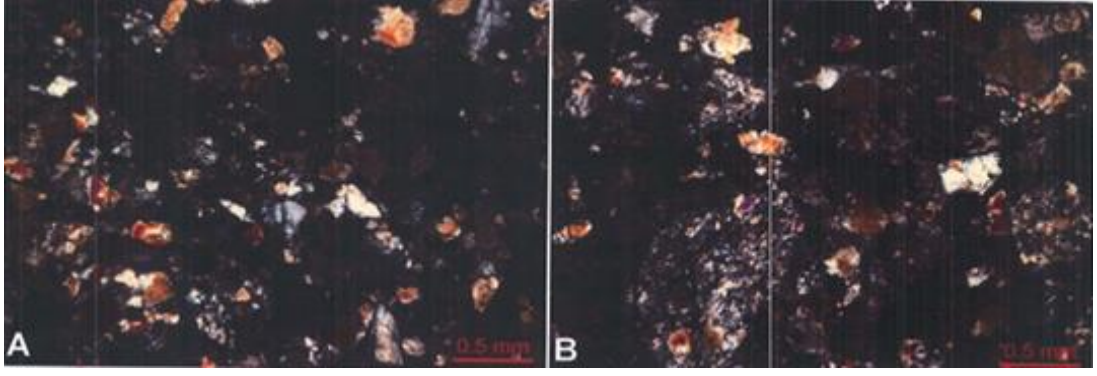
Şekil 4.2. Numaralı taş örneğinin genel görünümü

4.1.2. Mikroskobik analiz

Mikroskobik analiz için taş örneklerinin ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskop altında mineralojik – petrografik incelemesi ve görüntülemesi yapılmıştır.

1 numaralı taş örneği: Mikroskop altında yapılan görsel incelemeye göre boşluk (porozite) oranı % 15 civarındadır. Taşın bağlayıcı kısmında %20 civarında karbonat bulunmaktadır. Kil ve silt boyutlu malzemenin oranı yaklaşık % 15'den azdır. Taşın içindeki taneleri kuvars, feldspat, litik parçalar, hematit ve diğer opak mineraller oluşturmaktadır (Şekil 4.3). Taneler taş içindeki miktarına göre çoktan aza doğru kuvars, feldspat ve litik parçalar olarak sıralanmaktadır. Taş içerisinde bulunan litik kaya parçaları volkanik kayalardan, kırıntılı (tortul) sedimanter kayalardan ve şistlerden oluşmaktadır.

Taneler kötü boylanma göstermektedir (boylanma: kum ya da kumtaşı tanelerin aynı boya erişmesi eğilimidir). Diğer bir deyişle birbirinden farklı boyda taneler içermektedir ve mikroskop altında yapılan ölçümlere göre tane boyu 0,96 – 0,13 mm arasında değişmektedir. Bu boy aralığına göre 1 numaralı kumtaşı örneği orta taneli kumtaşı sınıfına girmektedir. Taneler köşeli – yarı köşelidir.

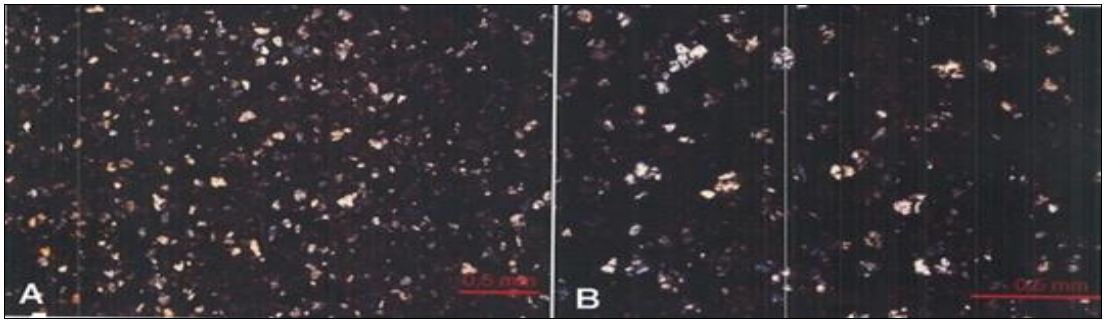


Şekil 4.3. Numaralı taş örneğinin polarizan mikroskop altında ince kesit görüntüsü (Çift Nikol)

3 numaralı taş örneği: Mikroskop altında yapılan görsel tahmine göre boşluk (Porozite) oranı %1'den azdır.

Taşın bağlayıcı kısmında %42 civarında karbonat bulunmaktadır. Kil ve silt malzemenin oranı görsel tahmine %15'den azdır. Taşın içindeki taneleri kuvars, feldspat, demir oksit mineralleri (limonit ve hematit) ve diğer opak mineraller oluşturmaktadır (Şekil 4.4). Kuvars ve feldspat miktarı hemen hemen eşittir. Taşa limonitleşme çok fazladır ve taşa koyu rengi sarı rengi vermektedir.

Tanelerin boylanması iyidir yani tanelerin boyları birbirine yakındır ve mikroskop altında yapılan ölçümlere göre tane boyu 0,16 – 0,07 mm arasında değişmektedir. Bu boy aralığına göre 2 numaralı kumtaşı örneği çok ince taneli kumtaşı sınıfına girmektedir. Taneler köşeli – yarı köşelidir.



Şekil 4.4. Numaralı taş örneğinin polarizan mikroskop altında ince kesit görüntüsü (Çift Nikol)

4 numaralı taş örneği: Feldispatda alkali oranı plajiyoklaz ile feldispat yaklaşık olarak eşittir. Alkali feldispatlar genellikle yarı köşelidir, oysa plajiyoklaz kuvars ve alkali feldispattan daha yuvarlaktır. Kaya parçaları genellikle karbonattan oluşur (kalsit ve dolomit)mineraller. Kalsit oranı dolomit oranından daha yüksektir; dolomit

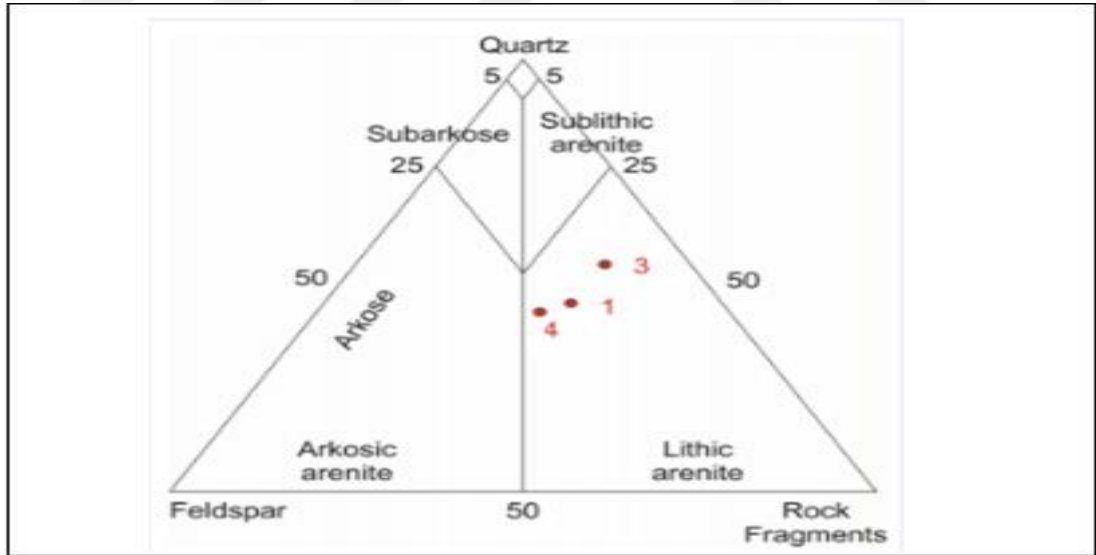
oranı yaklaşık% 5'tir. Karbonat mineralleri dışında, Kaya parçaları kısmen opak minerallerden oluşur.

4.2. Mineralojik analiz

Örneklerden elde edilen sonuçlarda Kuvars (K) oranı %45, Feldspat (F) oranı %25, matriks oranı %13-15 ve kaya kırıntısı (D) oranı ise %30 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Buna göre Lefke Formasyonu kumtaşlarının Dott (1964)'ün KFD üçgen sınıflamasındaki yeri "Litarenit"dir (Şekil 4.5).

Tablo 4.1. Kumtaşı numunelerinin Dott (1964) sınıflamasına göre tanımlanması

	NUMUNE NO		
	1	3	4
MATRİKS	%15	%13	%14
KUVERS	%38	%44	%38
FELDSPAT	%21	%18	%25
KAYA KIRINTISI	%26	%25	%23
	LİTİK ARENİT	LİTİK ARENİT	LİTİK ARENİT



Şekil 4.5. Lefke Formasyonu'nun KFD üçgen sınıflamasındaki yeri (Dott, 1964).

4.3. Mekanik Özellikler

Lefke taşının dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanından alınan numuneler laboratuvara

gönderilerek mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu deneyler; Eğilme dayanımı, Tek eksenli basınç dayanımı, aşınma direnci, Shore sertliği, Knoop sertlik tayini, Üç eksenli basınç dayanımı, Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme tayini, nokta yük dayanımı ve Schmidt çekici deneyleri uygulanmıştır.

4.3.1. Eğilme dayanımı tayini

Eğilme dayanımı, kayaçların eğilme kuvvetleri karşısında gösterdiği dayanımdır. Bu özellik, eğilme deneyi ile belirlenir. Bu deney ile belli geometrik şekilli numunelere üç ya da dört noktada kuvvet uygulanarak önce eğilmesi sonra da kırılması sağlanır.

Eğilme dayanımı deneyi TS13161 standardına göre yapılır. Deney düzeneği Şekil 4.6'da gösterilmektedir. İlgili deneyde numunenin geometrik boyutları yanında kırılma anındaki yük belirlenerek kayaç numunelerin eğilme dayanımları aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

Burada:

$\sigma_{E\check{G}}$ = Kayacın eğilme dayanımı (kg/cm²)

P= Kırılmaya neden olan en büyük yük (kg)

L= Deney numunesinin mesnetler arası mesafesi (cm)

B= Deney numunesinin genişliği (cm)



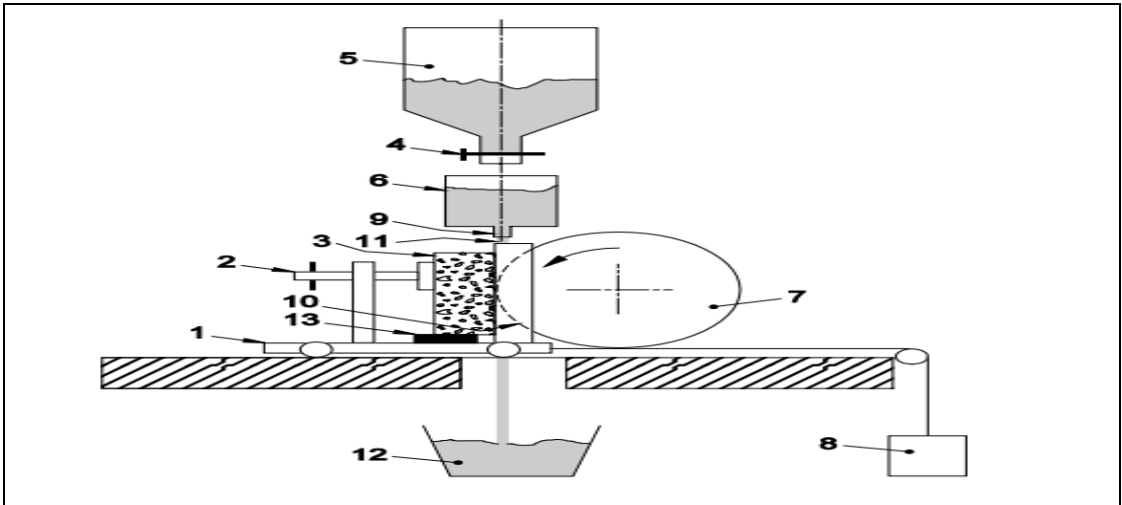
Şekil 4.6. Eğilme dayanımı deney düzeneği

4.3.2. Capon deneyi

Çalışma amacı doğrultusunda EN 14157 standardına göre deneyler yapılmaktadır. Yapılan deneylerde 200 ± 1 mm çaplı ve 70 ± 1 mm genişlikli disk 75 devir yaparak örneği aşındırmaktadır. Aşındırma sırasında dönen disk ile örneğin temas alanı arasına sürekli aşındırıcı toz beslemesi yapılmaktadır. Bu toz ilgili standartça belirlenmiş beyaz alüminyum oksit tozudur. Deney sonunda aşınmış örneklerin aşındığı alan ölçülerek genişlik mm olarak belirlenir. Aşındırıcı toz kullanımı ilgili standartça belirlenmiş olup 3 deneyden fazla aynı tozun kullanılmaması önerilmektedir. Marini ve diğ (2011) GD deneyinde aşındırıcı tozun en uygun kullanımı üzerine araştırmalar yapmış ve aynı tozun 40 kez kullanımdan sonra bile deney sonuçlarında bir değişiklik görülmediğini belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında her 3 deney sonrasında aşındırıcı toz yenisi ile değiştirilmiştir. Her deney sonunda aşınan kısmın sınırları mercek altında ince uçlu kalem kullanılarak çizilmiş ve aşınma değeri belirlenmiştir.

Çobanoğlu ve Çelik, 32 kaya türü üzerinde yaptıkları çalışmada doğal taşların GD aşınma değerleri üzerine bir sınıflama önermişlerdir. Bu çalışma kapsamında elde edilen GD aşınma değerleri bu sınıflama kapsamında değerlendirilmiştir.

Aşınma dayanımı deneyi TS14157 standardına göre yapılır. Deney düzeneği Şekil 4.7’de gösterilmektedir. İlgili deneyde numunenin aşınma dayanımları aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.



Şekil 4.7. Capon deneyi düzeneği

4.3.3. Tek eksenli basınç dayanımı

Lefke kumtaşının tek eksenli sıkışma dayanımını belirlemek amacıyla tek eksenli sıkışma deneyleri yapılmıştır. Deneyde kullanılacak olan numunenin L ve D boyutları ölçülür. Sonra tablalara yerleştirilir. Daha sonra ise numunenin altına ve üstüne çelik diskler yerleştirilir. Bilgisayar yardımıyla numuneye düşey basınç uygulanır. Numunenin yenilme yükü bilgisayara kaydedilir.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi TS1926 standardına göre yapılır. Deney düzeneği Şekil 4.8’de gösterilmektedir. İlgili deneyde numunenin tek eksenli basınç dayanımı aşağıdaki denklem (4.3.3) ile hesaplanmaktadır;

Fb: Taşın basınç mukavemeti (kgf/cm²)

Pk: Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf)

A: Taşın yük uygulanan yüzünün alanı (cm²)



Şekil 4.8. Tek eksenli basınç dayanımı düzeneği

4.3.4. Nokta yük dayanımı

Nokta yükleme deneyinde silindirik, blok ve düzensiz örneklerin konik yükleme başlığına dik bir şekilde yerleştirilerek kırılmaya kadar numuneye yük bindirilir. Daha sonra kırılmaya karşılık gelen yük değeri kaydedilir. Bu blok ve düzensiz olan örneklerde yaklaşık 10 kez tekrarlanır.

Nokta yükü dayanımı deneyi ASTM D5731-167 standardına göre yapılır. Deney düzeneği Şekil 4.9'da gösterilmektedir. İlgili deneyde numunenin nokta yükü dayanımları aşağıdaki denklem (4.3.4) ile hesaplanmaktadır.

$$I_s(50) = F \times I_s$$

D_e = Eşdeğer çap (mm),

P = Yenilme yükü (kN),

F = Boyut düzeltme faktörü,

I_s = Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa)

$I_{s(50)}$ = Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi (MPa).



Şekil 4.9. Nokta yük dayanımı test cihazı

4.3.5. Üç eksenli basınç dayanımı

Üç eksenli basınç dayanımında, silindirik numuneye sabit bir şekilde düşey ve yanıl bir kuvvet uygulanarak kayacın makaslama dayanımının hesaplanması amacıyla deney yapılır. Bu deney sonucunda içsel sürtünme ve kohezyon değeri belirlenir.

Üç eksenli basınç dayanımı deneyi TS1926 standardına göre yapılır. Deney düzeneği Şekil 4.10'da gösterilmektedir. İlgili deneyde numunenin üç eksenli basınç dayanımı aşğıdaki formül ile hesaplanmaktadır.



Şekil 4.10. Üç eksenli basınç dayanımı deneyi

4.3.6. Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı deneyi

Deneye tabi tutulan kayaçların donma ve çözünme etkisine karşında halinde gösterdiği davranış biçimi bize dona dayanıklılık deneyi için bilgi sağlar. Deneyde kullanılan kayaçlar, 4 mm ile 63 mm arasındaki numuneler kullanılır.

Bu deney metodu, kayaç tarafından suyun iyice absorbe edilmesi amacıyla, kayacın atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulması ve su altında dondurma işlemine tabi tutulmasından ibarettir.

4.3.7. Sertlik deneyi

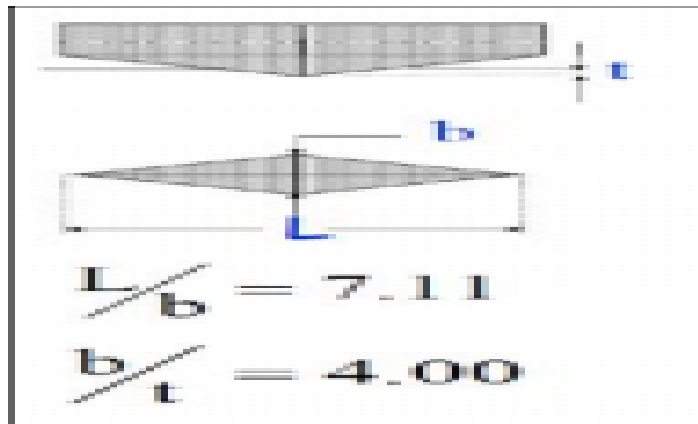
Jeologlar tarafından çalışma sahasında kullanılan sertlik göstergesidir. Mohs sertlik skalasındaki mineraller, en yumuşak olan mineralden en sert olan minerale doğru sıralanmıştır. En yumuşak mineral talk, en sert mineral elmadır.

4.3.8. Shore sertliği

Shore Schleroscope sertlik değeri için kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz belirli bir ağırlığa sahip kayacın belli bir yükseklikten test yüzeyine bırakılarak zıplama esnasındaki değeri okunur. Shore sertliği tayini hem laboratuvar ortamında hem de arazi ortamında kullanılabilir.. Shore sertliği deneyi için en az 10 cm² 'lik düzgün yüzeyli ve en az 1 cm'lik kalınlıkta numuneler gerekmektedir. En az 20 kere test yapılmalıdır

4.3.9. Knoop sertlik tayini

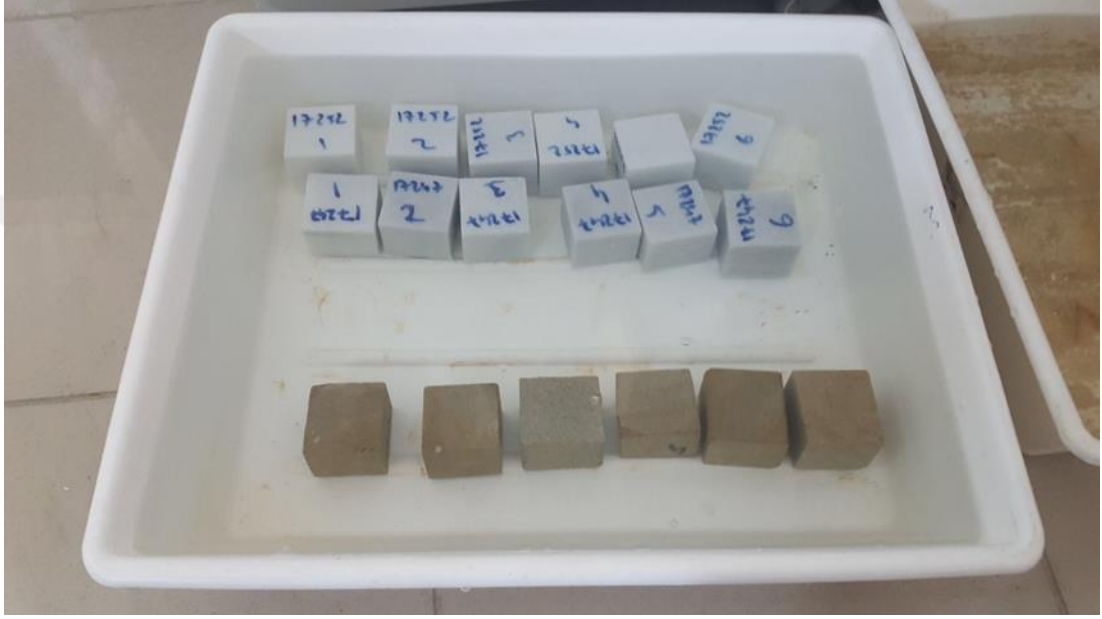
Bir malzemenin göreceli mikro sertliği Knoop batma deneyi ile belirlenebilmektedir. Bu deneyde tepe açısı 130⁰ ve 173⁰ olan piramit şekilli elmas bir uç malzeme üzerine bastırılır. Bir boyutu diğerrinin yaklaşık olarak 7 katı olan bir iz oluşur(Şekil 4.11). Malzemenin sertliği izin derinliği ölçülerek bulunur. Vickers sertlik ölçme deneyine göre daha düşük kuvvetler uygulanır. Knoop deneyi, cam ve seramik gibi gevrek malzemelerin sertliğinin test edilmesinin sağlar. Malzeme üzerine uygulanan yük genellikle 1 kgf' den daha azdır. Batıcı uç yaklaşık olarak 0,01 ile 0,1 mm arasında dört yanlı bir iz bırakır.



Şekil 4.11. Knoop sertlik tayini hesaplanması

4.4. Fiziksel Özellikler

Bilecik ili Osmaneli ilçesinden alınarak laboratuvara getirilen örnek numunelerin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. İnceleme alanından alınan fiziksel - mekanik deneyler için hazır hale getirilen numunelerin görüntüsü (Şekil 4.12)'te verilmiştir. Bu deneyler; birim hacim ağırlık tayini, yoğunluk ve gözeneklilik tayini ve su emme tayini deneyleridir.



Şekil 4.12. İnceleme alanından alınan fiziko – mekanik deneyler için hazır hale getirilen numunelerin görüntüsü

4.4.1. Birim hacim ağırlık tayini

Bu deney, karot numunelerinin kütleli (gözenekler dahil) birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Bu deneyde kullanılan alet ve gereçler; ölçüm kumpas aleti (0,1 mm hassasiyette), terazi (0,1 g hassasiyette) ve fırın (105 ± 5 0C kapasiteli)'dir. Önce silindirik deney örneğinin çapı ve boyu, ölçüm kumpası kullanılarak birbirine dik iki ayrı yönde ölçülür ve bu değerlerin ortalaması alınır. Boy ve çap değerleri kullanılarak örneğin hacmi hesaplanır. Örnek hassas terazide tartılarak ağırlığı belirlenir. Eğer numunenin kuru yoğunluk ve kuru birim hacim ağırlık tayin edilecek ise, numune 105 C'ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulduktan sonra tartılmalıdır.

Elde edilen veriler aşağıdaki denklem (4.4.1) kullanılarak hesaplanmıştır.

Burada;

ρ : Birim hacim ağırlık (g/cm^3)

W: Örnek ağırlığı (g)

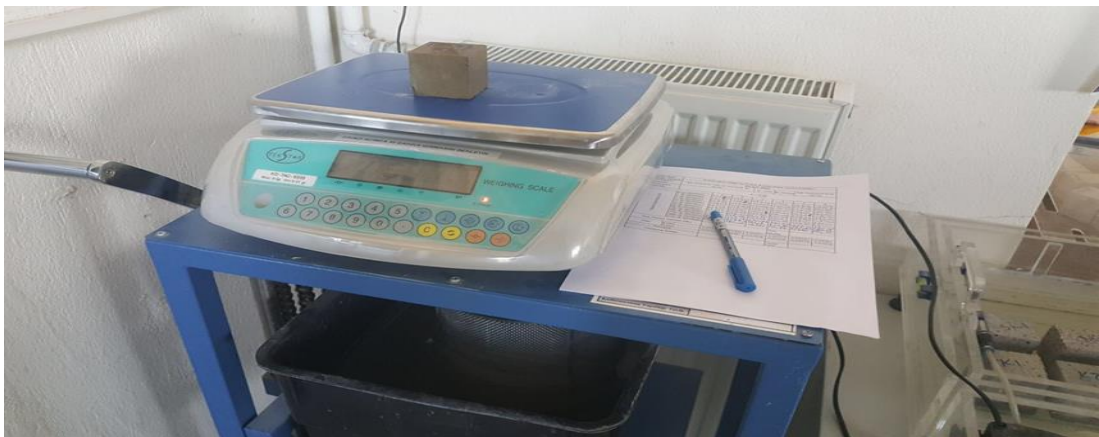
V: Hacim (cm^3)

4.4.2. Görünür yoğunluk açık ve toplam gözeneklilik tayini

Porozite ve boşluk oranı deneyi, düzenli bir geometriye sahip kayaç örneklerinin gözenekliliğinin ve boşluk oranının saptanması amacıyla yapılmıştır. Bu deneyde cam beher, ölçüm kumpas aleti (0,1 g hassasiyette) ve fırın ($110 \pm 5^\circ \text{C}$ kapasiteli) kullanılmıştır.

Deney önceki küp kayaç örneğinin çapı ve boyu ölçüm kumpası kullanılarak birbirine dik iki ayrı yönde ölçülerek ortalaması alınmıştır. Örnekler, sıcaklığı 105°C ' ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulmuştur. Daha sonra havadan nem almadan soğuması için 30 dakika desikatörde tutulmuştur. Sonra hassas terazide tartılarak kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Numune su dolu beherin içinde 48 saat bekletilip suya doymun hale getirildikten sonra kağıt havlu ile yüzey, kurulanıp hassas terazide tartılarak doymun ağırlığı belirlenmiştir. Bu işlemler her bir numune için üçer kez tekrarlanarak ortalama değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Birim hacim ağırlık test cihazı

4.4.3. Su emme tayini

Su emme deneyi, kayaç örneklerinin ağırlıklarına oranla boşlukların alabileceği su miktarının hesaplanması için kullanılmıştır. Deneyde kumpas aleti saf su ,terazi ve etüv kullanılmıştır. Deney numunesinin çapı ve boyu kumpas ile ölçülmüştür. Daha sonra ağırlıkları hesaplanmıştır ve hacimleri belirlenmiştir.. Numuneler saf su içerisine konularak 12 saat bekletilmiştir. Daha sonra numuneler çıkarılarak kuru bir havlu ile silinerek ıslak ağırlıkları hesaplanmıştır. 105⁰C’ye fırınlarda 12 saat kurutulduktan sonra tekrardan tartılmıştır. Ağırlıkça su emme oranları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Aw=[(Wd-Wk) / Wk)] \times 10 \quad (4.4.3)$$

Burada;

Wd: Suda doyurulmuş örnek ağırlığı (g)

Wk: Kuru örnek ağırlığı (g)

Aw: Ağırlıkça su emme oranı (%)



Şekil 4.14. Su emme tayini deney düzeneği

5.ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasında, çalışma alanı içerisinde bulunan Lefke kumtaşının fiziksel ve mekanik özellikleri laboratuvar ortamında belirlenmiştir.

5.1. Fiziksel Özellikler

İnceleme alanından alınan numuneler, AKÜ – Doğaltaş Analiz Laboratuvarında (DAL) standartlarına uygun olarak deneyler yapılmış ve aşağıda verilmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla numunelere; birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, su emme oranı, gözeneklilik deneyleri yapılmıştır.

5.1.1. Birim hacim ağırlık deneyi

Çalışma alanından alınan numuneler AKÜ – DAL’ dan birim hacim ağırlık deneyine tabii tutulmuştur. Deney sonuçları belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kayaçların ortalama birim hacim ağırlık değeri $2,683 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir.

5.1.2. Özgül ağırlık

Çalışma alanından alınan $50 \times 50 \times 50$ mm boyutlarındaki numunelerden 5 farklı şekilde özgül ağırlık deneyi yapılmıştır. ASTM D-5550-06 standardına göre özgül yoğunluk 2666 kg/m^3 ile 2690 kg/m^3 arasında değer almıştır. Ortalama ise 2683 kg/m^3 dür. Deney sonuçları Tablo 5.1’ de yer almaktadır.

Tablo 5.1. Özgöl Ağırlık deneyi

Ölçümler	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ölçüm 5
Yoğunluk (gr/cm ³)	2,6747	2,6665	2,6801	2,6784	2,6906
Numune Hacmi (cm ³)	23,8795	23,9525	23,8308	23,8466	23,7383
Ortalama Yoğunluk (gr/cm ³)			2,683		
Standart Sapma (gr/cm ³)			0,46		

5.1.3. Ağırlıkça su emme oranı

Çalışma alanından alınan 50×50×50 mm boyutundaki numunelerin bir diğer özelliği ise TS EN 13755 standardına göre yapılan su emme deneyidir. Su emme tayini deney sonuçları %1,91 ile %3,31 arasında ve ortalama ise %2,93 dür. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.2’ de verilmektedir.

Tablo 5.2. Ağırlıkça Su Emme deneyi

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
Numune Boyutu (mm)	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50
Sonuç (%)	2,68	3,31	1,91	3,08	3,3	3,31
Ortalama Değer (%)	2,93					
Standart Sapma (%)	0,56					

5.1.4. Görünür yoğunluk toplam ve açık gözeneklilik tayini

Çalışma alanından alınan 50×50×50 mm boyutundaki numunelerin TS EN 1936 standardına göre görünür yoğunluk 2316 kg/m³ ile 2449 kg/m³ arasında değerler alıp ortalama 2381 kg/m³'tür. Tablo 5.3' de görünür yoğunluk ve açık gözeneklilik değerlerini göstermektedir.

Tablo 5.3. Numunelerin gözeneklilik derecesi

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
Numune Boyutu (mm)	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50	50×50×50
Gerçek Yoğunluk (kg/m³)	2683					
Görünür Yoğunluk (kg/m³)	2422	2320	2385	2316	2449	2383
Açık Gözeneklilik (%)	6,59	7,71	6,42	10,76	3,29	7,68
Toplam Gözeneklilik (%)	9,73	13,14	11,11	13,69	8,73	11,16
Ortalama Değerler	Görünür yoğunluk(kg/m ³)		Açık Gözeneklilik(%)		Toplam Gözeneklilik(%)	
	2381		7,07		11,16	
Standart Sapma	51		2,42		1,91	

5.2. Mekanik Özellikler

İnceleme alanının muhtelif lokasyonlarından alınan numuneler, laboratuvarda standartlara uygun olarak kesilerek deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Numuneler AKÜ – DAL laboratuvarında tek eksenli basınç dayanımı, üç eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, aşınma dayanımı, Schmidt çekici, Knoop dayanımı ve Shore sertliği, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarında ise nokta yük dayanım indeksi deneyi tespit edilerek sonuçlar çizelgelerle sunulmuştur.

5.2.1. Tek eksenli basınç dayanımı

Çalışma alanından alınan kayalardan elde edilen 50×50×50 mm boyutundaki numuneler için TS EN 1926 standardına göre deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre tek eksenli basınç dayanımı 64 MPa ile 128 MPa arasında bulunmuştur. Ortalama ise 94 MPa olarak hesaplanmıştır. Yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları Tablo 5.4 verilmiştir.

Tablo 5.4. Lefke kumtaşının Tek eksenli basınç dayanım sonuçları

Test no	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10
Numune boyutu (mm)	51,8×51,5	52×52,4	47,9×47,1	52,3×52,6	48,4×53,2	52×51,2	51,5×52,4	52,3×53,3	51,1×51,9	52×51,1
Kırılma yükü (Kn)	260,24	278,7	165,59	351,84	244,11	232,99	186,56	274,04	170,43	319,76
Sonuç (Mpa)	98	102	73	128	95	88	69	98	64	120
Ortalama Değer (Mpa)	94									
Standart sapma (Mpa)	21									

5.2.2. Nokta yük dayanım indeksi

Çalışma alanından alınan kayalardan kesilerek elde edilen 50×50×50 mm boyutlu 12 adet düzgün geometrik şekilli lefke kumtaşının nokta yük deneyleri yapılmıştır. Bu deney için gerekli hesaplamalar ve kumtaşı numunelerinin Tablo 5.5’de verilmiştir.

Elde edilen değerlere göre nokta yük dayanımı 0,64 ile 5,77 MPa arasında değişmektedir.

Tablo 5.5. Nokta yük dayanım sonuçları

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ(m)	DENEY TÜRÜ	SU İÇERİĞİ	GENİŞLİK	ÇAP (mm)	YENİLME YÜKÜ (N)	KAROT ÇAPI (mm)	De2 (mm)	$I_s = (P \cdot 10^3) D_e^2$ (kPa)	F	Is(50) (MPa)	KAYAÇ TANIMI
1	Yüzeyden	i	-	52,1	50	12,14	57,6	33,18	3,65	1,06	3,869	Kumtaşı
2	Yüzeyden	i	-	48	48	16,19	54,17	29,35	5,51	1,03	5,6753	Kumtaşı
3	Yüzeyden	i	-	43	45	2,93	49,6	24,64	1,19	0,99	1,1781	Kumtaşı
4	Yüzeyden	i	-	45	45	5,94	50,78	25,79	2,29	1	2,29	Kumtaşı
5	Yüzeyden	i	-	46	49	8,45	53,58	28,71	2,94	1,03	3,0282	Kumtaşı
6	Yüzeyden	i	-	48	41	8,38	50,07	25,07	2,73	1	2,73	Kumtaşı
7	Yüzeyden	i	-	49,2	43,2	22,26	52,03	27,07	0,82	1,01	0,8282	Kumtaşı
8	Yüzeyden	i	-	48,2	42	10,22	50,78	25,78	3,96	1	3,96	Kumtaşı

5.2.3. Üç eksenli basınç dayanımı

Çalışma bölgesinden alınan boyutları 50×50×50 mm olan numuneler için TS 699 standardına göre yapılmış deneylere göre kumtaşının eksenel gerilmesi(σ_1) ortalama 58,45 MPa, içsel sürtünme açısı (ϕ) 16,6 ° ve kohezyon ise(c) 14,91 MPa olarak elde edilmiş ve sonuçlar gösterilmiştir (Tablo 5.6).

Tablo 5.6. Üç eksenli basınç dayanımı

	Test 1	Test 2	Test 3
Numune Çapı R (mm)	54,3	54,3	54,3
Numune Yüksekliği h (mm)	103,2	107,54	107,78
Numune Kesit Alanı A(m²)	0,0023	0,0023	0,0023
Yanal Basınç (MPa)	5	10	15
Kırılma Anında Uygulanan Kuvvet F (kN)	154,65	139,6	111,63
Eksenel Gerilme (MPa)	48,23	60,31	66,82
Ortalama Sonuç (MPa)	58,45		
Standart Sapma	9,43		
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ^0)	16,6		
Kohezyon (MPa)	14,91		

5.2.4. Eğilme dayanımının tayini

Araziden alınan boyutları 50×50×300 mm boyutunda alınan numunelerin TS EN 13161 standardına göre yapılan deney sonuçlarında eğilme dayanımı 2,97 MPa ile 17,96 MPa arasında olup ortalama değer 11,45 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney sonuçları Tabloda 5.7’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Eğilme dayanımı tayini

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10
Genişlik (mm)	52	52	50	52	56	54	51	53	50	50
Kalınlık (mm)	46	48	49	49	52	51	47	44	48	49
Numunenin Boyu (mm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Mesnetler Arasındaki Mesafe (mm)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Diklikten Sapma	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
Kırılma Yüğü (kN)	3,79	7,22	6,96	6,3	1,5	2,25	5,91	1,2	6,12	4,3
Sonuç (MPa)	10,44	17,96	17,33	15,19	2,97	4,79	15,63	3,53	15,88	10,75
Ortalama Değer (MPa)	11,45									
Standart Sapma (Mpa)	5,85									

5.2.5. Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı deneyi

Çalışma alanından 50×50×300 mm boyutundaki numunelerin TS EN 12371 standardına göre don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı deneyi 9,0 MPa ile 24,1 MPa arasında olup, ortalama 11,9 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney sonrasında ortalama kütle kaybı %0,12 olarak bulunmuştur. Sonuçlar tablo 5.2.5’ de gösterilmiştir (Tablo 5.8).

Tablo 5.8. Don tesirlerine dayanıklılık ve don sonrası eğilme dayanımı deneyi

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10
Genişlik (mm)	47,47	49,82	43,87	47,19	50,29	51,01	43,58	49,88	45,94	50,9
Kalınlık (mm)	51,59	51,61	54,33	51,97	51,07	51,4	55,6	51,96	48,18	51,27
Numunenin Boyu (mm)	299	299	299	299	299	299	299	299	299	299
Mesnetler Arasındaki Mesafe (mm)	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Diklikten Sapma	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2
Kırılma Yüğü (kN)	9,32	7,77	3,93	8,02	5,27	6,53	3,19	3,86	3,08	4,57
Sonuç (Mpa)	24,1	18,2	11,3	20,8	12,2	14,6	9,1	9	9,1	10,3
Ortalama Değer (Mpa)	13,9									
Standart Sapma	5,4									
Kütle Kaybı (%)	0,15	0,09	0,1	0,1	0,14	0,17	0,12	0,12	0,08	0,1
Kütle Kaybı Ortalama Değer (%)	0,12									

5.2.6. Capon deneyi

Çalışma alanından alınan boyutları 100×70×20 mm olan numunelerin TS EN 14157 standardına göre yapılmış deney sonucuna göre aşınma değeri 14,79 mm ile 22,37 mm arasında olup ortalama değer 18,43 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.9).

Tablo 5.9. Capon direnci tayini

Test No	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6
Numune Boyu (mm)	100×70×20	100×70×20	100×70×20	100×70×20	100×70×20	22,85
Ölçülen Uzunluk (mm)	22,85	16,29	16,04	23,62	16,19	23,14
Hesaplanan Değer (mm)	21,6	15,04	14,79	22,37	14,94	21,89
Hesaplanan Sonuç (mm)	18,43					
Standart Sapma (+,-)	3,85					

5.2.7. Shore sertlik deneyi

İnceleme alanından alınan numuneler için yapılan deney sonuçları Tablo 5.10' de gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Shore sertlik deneyi tayini

Shore Sertlik Değerleri	41,4	52,8	45,2	52,9	53,6
	56,1	52,8	40	53,2	47,7
	48,1	48	47,1	51,3	46,8
	49,8	54,7	46,4	48,6	49
	46,4	50,9	54,2	54,8	43,1
	52,5	51,7	47,4	52,2	49,5
	55,1	48,4	53,7	55,4	49,7
	49,4	48,6	55,1	41	58,8
Ortalama Değer	50,1				
Standart Sapma	4,3				

5.2.8. Knoop sertlik deneyi

Çalışma alınan numunelerin laboratuvar ortamında TS EN 14205 standardına göre ortalama Knoop sertliği (HK)=353, HK25/HK75 oranı 0,92 ve Knoop sertliğine karşılık gelen Mohs 4,5 olarak belirlenmiştir ve bu deneylerden elde edilen ortalama sonuçlar Tablo 5.11’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Knoop sertlik tayini

379	306	446	338	347
341	346	359	458	362
334	361	378	358	310
338	376	360	328	287
294	328	342	365	341
335	364	381	484	372
354	352	372	298	277
350	353	350	358	331

5.9. Ekonomik Potansiyel

Doğal yapı taşları ekonomik olarak çok önemli malzemedir. Bu malzemelerin fiziksel, mekanik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin uygun olması gerekmektedir. Çimentosu ve taneleri silisli olan kumtaşları görünüş ve renk özelliklerinin de uygun olmasıyla en uygun doğal yapı taşı potansiyeline sahiptirler. Bu özellikleri bünyesinde barındıran ve proje konusu olan “Lefke Taşı” bu anlamda uygun bir doğal yapı taşı olmaktadır. Bu taşın yaklaşık 100 sene önce Haydarpaşa Tren Garı binasında kaplama taşı olarak kullanılmıştır. Bu binada dış cephe olarak kullanılmasının yanı sıra farklı yapılarda da doğal taş olarak kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu durumda Lefke taşının bir ekonomik değeri ortaya çıkmaktadır. Söz konusu ekonomik değer rezerv ile alakalıdır. Ayrıca kumtaşları agrega ve dolgu malzemesi olarak da kullanılabilir. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına bağlı Maden İşleri Genel Müdürlüğünün 2018 yılında yayınladığı çalışmaya göre, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında İMMİB Maden

Üretim Değerleri verisinde birçok doğal taş ve yapı taşları üretilmiş gerek yurtdışı ve gerekse yurtiçinde satışı gerçekleşmiştir (Tablo 5.12).

Tablo 5.12. Yıllara göre üretim miktarları (<http://www.migem.gov.tr/Istatistik.aspx>).

Kayaç Adı	2016	2015	2014	2013	2012	2011	Birim
Mermer	5287780	5613435	4220564	4255545	4488947	4086222	m ³
Oniks	7177	6905	10688	15665	13335	7678	m ³
Traverten	1096112	1239369	812840	713697	797915	1685049	m ³
Andezit	459408	512246	587580	501314	344767	763051	m ³
Bazalt	721690	491552	329970	242125	280547	463720	m ³
Granit	314059	157463	189364	183535	566650	245911	m ³
Yapıtaşı	85790	68302	33533	37945	65756	270270	m ³
Diyabaz	14378	14997	7238	10300	9001	5654	m ³
Gabro	1774	975	1431	1081	0	0	m ³
Kumtaşı	20550068	14456193	9609882	10453003	6356666	6127433	m ³

5.10. Muhtemel Rezerv

Taş ocağı alanının seçimi yapılırken, en önemli nokta, istenilen kalitede taş miktarının bulunmasıdır. Rezerv tahmini potansiyel ocakların belirlenmesinde yardımcı olabilir. Toplam rezerv şu formülle (5.10) hesaplanabilir:

$$\text{Toplam Rezerv (TON)} = \text{Kalınlık (m)} \times \text{Yayılımı (m}^2\text{)} \times \text{Görünür Yoğunluk (gr/cm}^3\text{)}$$

Bu çalışmada birim kalınlığı stratigrafik kesitlerle hesaplanmış görünür yoğunluk hesaplanmıştır. Bu verilere göre muhtemel rezerv değeri bulunmuştur. Lefke taşı Lefke Formasyonu içinde kalınlığı 10-20 m olan kumtaşı seviyeleri olduğu için rezerv hesabında kumtaşının net kalınlığı tüm formasyon genelinde ortalama 15 m alınmıştır. Alanı 75×10^6 , görünür yoğunluğu 2,8 (ton/m³) olduğundan yukarıdaki formüle göre toplam rezerv $2677,5 \times 10^6$ ton olarak hesaplanır (Tablo 5.13).

Tablo 5.13. Lefke kumtaşının muhtemel rezerv hesaplanması

Kayaç Adı	Yayılımı(m ²)	Ölçülebilen Kalınlık(m)	Görünür Yoğunluk(gr/cm ³)	Toplam Rezerv(Ton)
Lefke Taşı	75×10^6	15	2,38	$2677,5 \times 10^6$

6. LEFKE TAŞININ YAPITAŞI OLARAK KULLANILMASI

Lefke kumtaşının yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için bazı değerleri sağlaması gerekmektedir. Bu değerleri sağlaması için bazı standart değerler belirtilmiştir. Yapıtaşı olarak kullanılacak Lefke taşının fiziksel ve mekanik özellikleri standartlar dediğimiz değerler karşısında belirlenen sınır değerleri karşılaması gerekmektedir. Kayaların yapıtaşı olarak kullanımları için standartlarda belirlenen sınır değerleri sağlamaları çok önemlidir. Laboratuvar ve arazi deneylerinden elde edilen sayısal değerlerin olumlu olması yapı taşı olarak kullanılması amacıyla önemlidir.

Bu çalışmada Osmaneli civarında bulunan Lefke kumtaşının yapıtaşı olarak kullanılması araştırılmıştır. Bu nedenle arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Arazide alınan numuneler laboratuvarda fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için deneyler yapılmış ve elde edilen değerler aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir. Deneyler sonucu elde edilen fiziksel özelliklerin ortalama değerleri Tablo 6.1’ de verilmektedir. Anon (1979) sınıflamasına göre görünür yoğunluk açısından orta yoğunluk sınıfına girmektedir. Yine toplam gözeneklilik açısından da Anon (1979) sınıflamasına göre orta gözenekli sınıfa girmektedir. Lefke Taşı yapı taşı olarak kullanımı açısından fiziksel özellikleri uygun değerler sunmuştur. Kayacın özgül ağırlığı ($2,68 \text{ g/cm}^3$), birim hacim ağırlığı ($2,37 \text{ g/cm}^3$) ve ağırlıkça su emmesi (%2,93). Bu değerler yapı taşı olarak kullanılacak lefke taşı için uygun değerler sağlamaktadır.

Tablo 6.1. Lefke taşının ortalama fiziksel değerleri

Özellikler	Standartlar	Numune Sayısı	Ortalama	Sınıflandırma	Anon Sınıflandırma (1979)
Görünür Yoğunluk (gr/cm^3)	TS EN 1936	6	2,38	0,0051	
Gerçek Yoğunluk (gr/cm^3)	ASTMD 5550-06	5	2,68	0,009	Orta (2.2 - 2.55)
Ağırlıkça su emme oranı (Sa) (%)	TS EN 13755	6	2,93	0,56	
Hacimce su emme oranı (Sb) (%)	Sh=Sa×B	-	6,97	-	
Açık gözeneklilik	TS EN 1936	6	7,07	2,42	
Toplam gözeneklilik (%)	TS EN 1936	6	11,26	1,91	Orta (5 - 15%)

Mekanik özelliklerin ortalama değerleri Tablo (6.2)'de verilmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı değeri ortalama 94 MPa Deer ve Miller (1966) sınıflamasında orta dayanımlı kaya sınıfına düşmektedir. Eğilme dayanımı ortalama 11,45 MPa olup TS 11145 (1993) konglomera için belirlenen eğilme dayanımı sınır değerinden (7 MPa) %60 daha yüksektir. Knoop sertlik (HK) katsayısı 353 olup Mohs sertlik skalasında 4,5 sertliğe karşılık orta sertliktedir. Aşınma deneyi sonucunda ortalama değer 18,43 mm elde edildiğinden Çobanoğlu ve Çelik (2017) sınıflamasına göre orta aşınabilir kaya grubuna girmektedir. Ortalama nokta yük dayanımı 3,90 MPa olup Bieniawski (1975) nokta yük dayanım sınıflamasına göre orta dayanımlı sınıfa girmektedir. Arazide Schmidt çekici ile yapılan deneyler sonucu elde edilen ortalama 36 değeri ile de Beer (1968) sınıflamasına göre sert taş grubunda yer alır (Tablo 6.3).

Tablo 6.2. Lefke taşının mekanik özellik değerlerinin ortalaması

Deneyler	Standartlar	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Sınıf	Sınıflandırma
UCS (Mpa)	TS EN 1926	10	94	21	Orta (56-112 Mpa)	Deer ve Miller (1966)
Eğilme direnci (Mpa)	TS EN13161	10	11,45	5,85	Eğilme dayanımının 4,7 katı	ASTM C616 (2015)
Knoop sertliği (Mohs)	TS EN 14205	40	353[4,5-5]	40,76	Orta	Mohs sertlik skalası
Capoon direnci (mm), WWA	TS EN 14157	6	18,43	3,85	Orta dereceli kaya	Çobanoğlu ve Çelik (2017)
Nokta yük dayanımı (Mpa)	ASTM D5731-16	7	3,9	1,38	Orta (2-4 Mpa)	Bieniawski (1975)
Schmidt	ASTM D5873-14	4	36	4,24	Sert taş (30-45)	De Beer (1968)

Tablo 6.3.Schmidt çekici geri tepme sayısına göre taşların sertlik sınıflaması (de Beer, 1968).

Taş Sertlik Sınıfı	Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	Bu Çalışmada Arazide Elde edilen Ortalama Schmidt geri tepme sayısı
Çok sert(katı) zemin	16–20	
Çok yumuşak taş	20–24	
Yumuşak taş	24–30	
Sert taş	30–45	36
Çok sert taş	45–60	
Çok aşırı sert taş	>60	

Lefke kumtaşı değerlerinin bazı kayaçlar için standartlarla belirlenmiş yapı taşı olarak kullanılabilme sınır değerleri ile karşılaştırılması Tablo 6.4’de verilmektedir.

Tablo 6.4. Lefke kumtaşının bazı standart kayaçlarla sınır değerlerinin karşılaştırılması

Deneyler	Standart Değerler				Sonuç
	Lefke Kumtaşı	TS 11137 Kireçtaşı	TS 11143 Traverten	TS 11145 Konglomera	
Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	2,37	$\geq 2,16$	$\geq 2,3$	$\geq 2,55$	Uygun
Doluluk Oranı	88,84	-	-	-	
Ağırlıkça Su emme (%)	2,93	< 4	< 3	$< 1,8$	Uygun
Toplam Porozite (%)	11,16	-	-	-	
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	94	≥ 50	≥ 48	≥ 70	Uygun
Eğilme Dayanımı (MPa)	11,45	-	-	≥ 7	Uygun
Don sonrası kütle kaybı (%)	0,13	< 2	< 5	< 2	Uygun
Capoon dayanımı (mm)	18,43	< 10	< 15	< 15	Orta
Üç Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	58,45	-	-	-	
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	2,88	-	-	-	

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Bilecik ili Osmaneli ilçesi güneyinde yer alan inceleme alanından temin edilen lefke taşının petrografik, mekanik, kimyasal ve fiziksel olarak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Yapılan çalışma ile farklı özelliklere sahip kayacın değerlendirildiği bu çalışmada çıkan sonuçlara göre birden fazla sonuç elde edilmiştir.

İnceleme alanının lefke taşını daha iyi anlamak için jeoloji haritası çıkarılmış, uydu görüntülerinden yararlanılarak jeoloji veriler elde edilmiştir.

İnceleme alanındaki temel kayalar ve birimler belirlenmiştir. Yaşlı birimden genç birime doğru; Sarıcakaya Granitoyidi, Bayırköy formasyonu, Bilecik kireçtaşı, Taraklı formasyonu, Kızılçay formasyonu, Halidiye formasyonu ve en üstte ise alüvyon belirlenmiştir.

Yapılan mineralojik ve petrografik analizler sonucu Lefke kumtaşı Dott (1964) sınıflamasına göre arenit grubuna girmektedir. Kırıntı oranları yine aynı sınıflamada üçgen diyagrama aktarıldığında 'Litik Arenit' grubuna girmektedir.

Kayaların yapı taşı olarak kullanılabilirliğini etkileyen başlıca özellikleri fiziksel, mekanik özellikleridir. Kayalar için bu özelliklerin ayrı ayrı ortaya konularak birbirleriyle ilişkilendirmesi kayaların mühendislik projelerinde yapı malzemesi olarak kullanımları için oldukça önemlidir. Bu amaçla bu özellikleri belirlemek üzere arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Arazide çalışmaları ile litoloji incelemesi, süreksizlik ölçümleri 1/25000 ölçekli jeolojik harita yapımı ve numune alma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Arazide belirlenen belli noktalardaki mostralardan alınan şekilsiz blok numuneler mermer kesme atölyesinde laboratuvar deneyleri için gerekli şekil ve boyutta numuneler şeklinde hazırlanarak ilgili laboratuvarlara yollanmıştır. Alınan numuneler laboratuvarlarda jeomekanik özelliklerin belirlenmesi için çeşitli deneylere tabii tutulmuştur. Lefke taşının jeomekanik özelliklerinden görünür yoğunluğu $2,38 \text{ g/cm}^3$, toplam gözenekliliği %11,16,

ağırlıkça su emme %2,93, tek eksenli basıncı 94 MPa, eğilme dayanımı 11,45 MPa ve arazide Schmidt çekici ortalama değeri 36 olarak elde edilmiştir. Elde edilen

sonuçlar ve arazi gözlemleri de göz önünde bulundurularak, Lefke taşının jeolojik ve jeomekanik özellikleri değerlendirilerek yapı taşı olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Laboratuvarından elde edilen fiziksel ve mekanik özelliklerin ortalama değerleri sedimanter kayalar için belirlenmiş standart sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma, ilk olarak lefke taşının yapı taşı amaçlı mühendislik özelliklerini incelemek ve lefke taşının yapı taşı özellikleri literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Çalışma hedeflerine ulaşabilmek için jeolojik saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleri Lefke taşının karakteristik özelliğini belirlenmiştir. Lefke taşının dayanım özelliklerini belirlemek için testler yapıldı.

Değerlendirmelerin sonuçlarında ise, Lefke taşının binaların restorasyonu dahil aynı zamanda yeni binalarda kullanılacak taş olarak uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları bölgenin gelecekteki çalışmalar için referans bir çalışma sağlayabileceği gösterilmiştir.

Literatür araştırmaları sonucu Lefke taşı ile ilgili ayrıntılı jeolojik, mineralojik, mühendislik çalışmalarının kısıtlı veya hiç olmadığı görülmüştür. Bu anlamda bu çalışma Lefke taşının, jeolojik, mineralojik, fiziksel ve mekanik özelliklerini ortaya koyan bir çalışma niteliğindedir. Ayrıca, bu çalışmanın Lefke taşının yapı taşı olarak kullanılabilirliği ile ilgili ilk çalışma olmasından dolayı literatürde referans bir çalışma olarak yerini alacaktır. Doğal yapı taşı sektörü için bu çalışma unutulmaya yüz tutmuş olan Lefke taşı için bir farkındalık oluşturacaktır. Bu çalışma ile ortaya konulan Lefke taşının jeolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri yardımıyla açılması düşünülen ocak işletmesinin en uygun lokasyonu, taş kesme makinalarının seçimi, nakliye özellikleri, malzeme özellikleri, rezerv bilgisi ve üretilecek doğal yapıtaşlarının kullanım alanlarına uygunluğunun belirlenmesi gibi etkilerle endüstriye katkısı söz konusu olacaktır.

Lefke taşının farkındalığını arttırmak için daha çok araştırmalar yapıp bu araştırmaların literatürde yerini alması sağlanmalıdır. Bu konularda yapılacak ortak projelerin belediyeler, ticaret odaları, üniversiteler tarafından desteklenmesi proje sonuç çıktılarının çeşitliliğini arttıracaktır. Yerel belediye tarafından düzenlenecek üniversite destekli bir çalıştay veya tasarım atölyesi ulusal bazda taşın tanıtımına olumlu katkılar sağlayacaktır. Daha detaylı rezerv tespiti için belli noktalarda sondaj ve jeofizik ölçümler yapılması yerinde olacaktır. Detaylı rezerv tespitinden sonra bu çalışmanın sonuçlarından da yararlanılarak uygun bir lokasyonda açılacak olan bir taş ocağının yerel ekonomiye katkısı yeniden sağlanmalıdır.



KAYNAKLAR

Adın H., Mardin ve Midyat'ta Kullanılan Bina Yapı Taşlarının Bazı Fiziksel Özellikleri, 2001, (48/570), 13 – 17.

Akyazı M., Toprak Ö., Erdoğan T., Karabaşoğlu A., Ursavaş T.Ş., Bilecik Yöresinin Mesozoyik Stratigrafisi Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak. Dergisi. *Seri A. Yerbilimleri*, 2001, (18/1), 27 – 48.

Altınlı E., Geology of the Middle Sakarya River (Turkey), E. *Altınlı Sempozyumu*, 50. Yıl Yerbilimleri Kong, Ankara, 1975.

Altınlı E., Yetiş E., Bayırköy-Osmaneli (Bilecik) Alanının Jeolojik İncelemesi, İstanbul Üniv., Fen Fak. Mec.(1&2).1972.

Altınlı İ.E. (1973b) Bilecik Jurasigi. 50. Yıl Yerbilimleri Kongresi, *Tebliğler Dergisi*, 1973, Ankara, 112 – 113.

Altınlı İ.E., Paleosen Yaşlı Kızılçay Grubunun Çökelme Ortamları. İ.Ü. Fen Fak. Seri B, 1975, İstanbul, 1 – 2

Anon (1979) Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological MappingpartI: Rock and Soil Materials.*BullIntAssocEngGeol*19: 364–371.

Arıoğlu E., Bilgin N., Nokta Yük Deneyi ve Uygulaması, *İ.T.Ü. Dergisi*, 1978, **26**, Sayı 2, s: 21-26.

ASTM C616/C616M Standard Specification for Quartz-Based Dimension Stone. American Standards for Testing Materials. ASTM International, United State, 2015.

ASTMD5550-06 Standardtest methodforspecificgravityofsoil solids by gas pycnometer. ASTM International, UK, 2016.

ASTM D5731-16 Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications. ASTM International, UK, 2016.

ASTM D5873-14 Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method, ASTM International, UK, 2014.

Atalık E., Depositional System of the Osmancık Formation in the Thrace Basin, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1992, 343 s.(yayımlanmamış)

Bedi Y., Mutlu G., Sevin D., Ünay E., Saraç G., ve Karataş S., Bolu – Çankırı (Köroğlu Dağları) Arasındaki Neojen yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi ve Petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 1991, **6**, 85 – 103.

Biçer Y., Tanyıldızı V., Yıldırım Ş., “Çukurova Yöresinde Bulunan Doğal Yapı Taşlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması” 3. *Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Kongresi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1994, 285-292.

Bilgin N., İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği, Birsen Yayınevi, 1989, 192.

BS EN 1341 Slabs of Natural Stone for External Paving. Requirements and Test Methods. British Standards for Institution, UK, 2012

Crocq C., Building Stone in Alberta; Energy Resources Conservation Board, ERCB/AGS Open File Report 2010 – **01**, 52.

Çelik M.Y., Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri. Madencilik, 2003, (42/1), 3 – 15.

De Beer JH Subjective Classification of the Hardness of Rocks and the Associated Shear Strength. Proceedings of the Fourth Regional Conference for Africa, Introductor, Cape Town, South Africa, 1968, 396–398.

Demirbilek M., Topal I., Akçakoca H., Uz V., Işık İ., Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının Doğaltaş Sektöründe Kullanılabilirliği. D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2006, **11**, 115 – 132.

Demirkol C., Üzümlü – Tuzaklı (Bilecik ili) Dolayının Jeolojisi, *TJK Dergisi*, 1973, (20/1), 9-16

Erdem P.N., *Mühendislik Jeolojisi İDMM Akademisi Yayınları*, 1981, 156-467.

Erguvanlı K., Mühendislik Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 1973.

Eroskay S.O., Paşalar Boğazı – Gölpazarı Sahasının Jeolojisi, *İ.Ü. Fen Fakültesi Mecmuası*, 1965, (34/3), 135 – 170.

Göncüoğlu M. C., Turhan N., Şentürk K., Uysal Ş., Özcan A., ve Işık A. Orta Sakarya’da Nallıhan Sarıcakaya Arasındaki Yapısal Birliklerin Jeolojik Özellikleri, MTA-10094, 1996

Gözübol A.M., Mudurnu – Dokurcun – Abant (Bolu ili) alanının jeoloji incelenmesi ve Kuzey Anadolu Yanılıminin Yapısal Özellikleri, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1978.

Granit Y., Tintant H., Observation preliminaries sur le Jurassique De La Région de Bilecik (Turquie). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1960, **251**, 1801-1803.

Gündüz L., Şentürk A., Tosun Y. İ., Sarıışık A., Mermer Teknolojisi, Tura Ofset, Isparta, 1996.

Kaya A.C., Midyat Taşının Kaplama ve Yapıda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2008, 935.

Kılıç İ., Ve Gültekin A.H., 2009. Effects of Surface Protection Resin on Water Absorption and Strength of Sandstone. 5th International Advanced Technologies Symposium, Karabük University. 13 – 15 Mayıs 2009.

Kılıç İ. Ve Gültekin, A.H., Edirne(Keşan) Bölgesi Kumtaşlarının Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2009.

Kocyigit A., Altiner D., Farinacci A., Nicosia U., And Cont, M.A., 1991. Late Triassic – Aptian Evolution of the Sakarya Divergent Margin; Implications for the Opening History of the Northern Neo – Tethys, in the North – Western Anatolia, Turkey. *Geological Romana*, **27**, 81 – 101.

Korkanç M., Nevşehir Taşı, *Nevşehir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 2007, (31/1), 49 – 60.

Kumsar H., Çelik B.S., Aydan Ö., and Ulusay R., 2003. Aphrodisias: Anatolian Antique City of Building and Sculptural Stones. *Proceedings of the International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones*, 2003, 301-309.

McFeat I., and Tarkoy P., Assessment of Tunnel Boring Machine Performance, *Tunnels and Tunnelling*, 1979, 33-37.

Yüzer H., and Tuğrul A., *Symposium on Industrial Minerals and Buildings Stones*, İstanbul, 15 – 18 Eylül 2003.

Saner S., Geyve – Osmaneli – Gölpazarı – Taraklı Alanının Jeolojisi, Eski Çökeltme Ortamları ve Çökeltme Evrimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri, Enstitüsü, İstanbul, 1977.

Saner S., Geyve – Osmaneli – Taraklı Alanının Jeolojisi, Eski Çökeltme Ortamları, Çökeltmenin Evrimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1977, 312.

Saner S., Geyve – Osmaneli – Gölpazarı – Taraklı Alanının jeolojisi, Eski Çökeltme Ortamları ve Çökeltme Evrimi, TPAO-1162, 1977.

Saner S., Mudurnu – Göynük Havzasının Jura ve Sonrası Çökeltim Nitelikleriyle Paleocoğrafya Yorumlanması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1980, **23**, 39 – 52.

Şengör A.M.C., Yılmaz Y. ve Ketin I., Remnants of Pre-late Jurassic Ocean in Northern Turkey : Fragments of Permian - Triassic Paleo-Tethys , *Geol. Soc. America Bull.*, 1980, **91**, 599 - 609.

Şengör A.M.C., Yılmaz Y., Tethyon Evolution of Turkey, A Plate Tectonic Approach, *Tectrophysics*, 1981, **75**, 181 – 241.

Şengör A.M.C., Yılmaz Y., ve Ketin T., Remnants of a Pre-late Jurassic Ocean in Northern Turkey Fragments of Permian - Triassic Paleo – Tethys Reply : *Geol. Soc. America Bull*, 1982, **93**, 932 - 936.

Şengör A.M.C., ve Yılmaz Y., Türkiye’de Tetis’in Evrimi, Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi*, 1983, 1-75.

Teka M., Ve Şener M., (Göynük – Bolu) Sahasının Bitümlü Şeyl Olanakları ve Sondajları. MTA-8533, 1988.

Türkecan A., Dinçel A., Hepşen N., Papak İ., Akbaş B., Sevin M., Özgür İ.B., Bedi Y., Mutlu G., Sevin D., Ünay E., Saraç, G. ve Karataş S., Bolu-Çankırı (Koroğlu Dağları) Arasındaki Neojen Yaşlı Volkanitlerin Stratigrafisi ve Petrolojisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1991, **6**, 85-103.

TS 11145, Konglomera-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1993.

TS EN 12370, Türk Standartları, “Doğal Taşlar-Deney Metotları-Tuz Kristallenmesine Direncin tayini”, TSE, Ankara, 2001.

TSE EN 1926, Doğal Taş Deney Metotları-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

TS EN 1341, Dış Zemin Döşemeleri İçin Tabii Kaplama Taşları-Özellikler ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.

TS EN 1936, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam Ve Açık Gözeneklilik Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

TS EN 1237, Dona Dayanım Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.

TS EN 13161, Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.

TS EN 13755, Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2009.

TS EN 14147, Doğal Taşlar- Deney Yöntemleri - Tuz Buharıyla Yıpranmaya karşı direncin tayini, TSE, Ankara, 2004.

TS EN 14157, Doğal Taşlar- Deney Yöntemleri-Aşınma Direncinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2017.

TS EN 14205, Doğal Taş Deney Metotları- Knoop Sertliğinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.

TS 699,. Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.

Ulusay R., Türeli K., And İder M.H., Prediction of Engineering Properties of a Slected Litharenite Sandstone From Its Petrographic Charateristics Using Correlation and Multivariate Statistical Techniques, *Engineering Geology*, 1994, **37**, 135 – 157.

Uz B., Bacak G., Özdamar Ş., Yılmaz M., Bilecik Bej Mermerleri; Vezirhan Bölgesi Jeolojik Etüt ve Değerlendirmesi. Türkiye IV. *Mermer Sempozyumu*, Afyon, Türkiye, 2003.

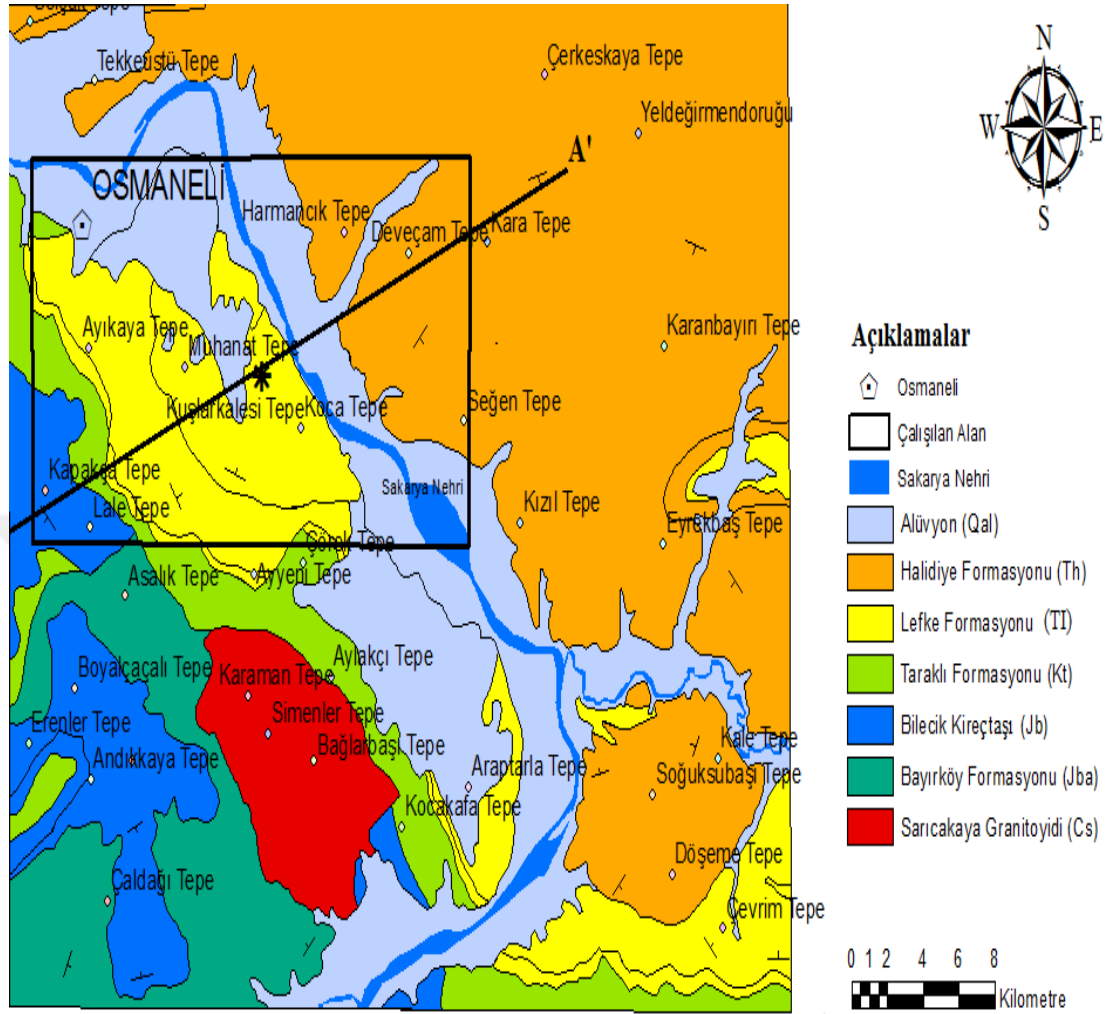
Yavuz B., Ve Elçi H., Göktepe (Muğla) Beyaz Mermerlerin Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği Etkileyen Jeolojik Parametreler. S.D.Ü. *Müh – Mim. Fak. Dergisi*, 2007, (22/3), 57 – 68.

Zorlu K. Ulusay R., Ocakoğlu F., Gökçeoğlu C., And Sönmez H., Predicting Rock Properties of Selected Sandstones Using Petrographic Thin – Section Data. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2004, (4/3), 370 – 37.



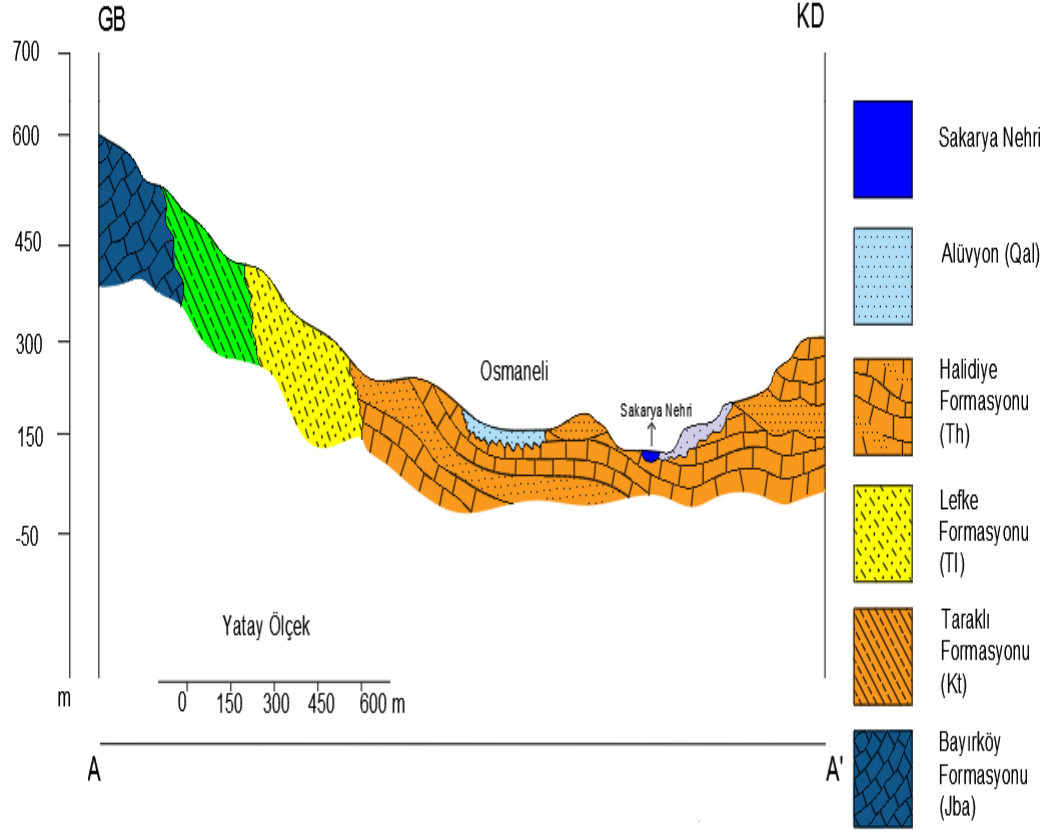


EK – A



Şekil A. İnceleme alanının genel jeoloji haritası

EK – B



Şekil B. İnceleme alanında GB-KD yönlü (A-A') alınmış jeolojik kesit

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Karakaş A., Selim H. H., Coruk Ö , **Çatalbaş A.**, Taş Ö. K., 2018. Osmaneli (Bilecik) Lefke Yapı Taşının Jeolojik ve Jeomekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, 71. Jeoloji Kurultayı, Ankara, 281-282.



ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında İzmir'in Bornova ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini sırasıyla 1.Murat İlköğretim Okulu, Kükürtlü Ticaret ve Sanayi Odası ve Bursa Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2015 yılında jeoloji mühendisi olarak mezun oldu. 2015 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı ve halen bu bölümde öğrenimine devam ediyor.

