ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tufanbeyli İlçesi Fatmakuyu Mahallesi Mevkiindeki Malzeme Ocağının Yol Yapımında Kullanımı

Evrim TEKELİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Tufanbeyli İlçesi Fatmakuyu Mahallesi Mevkiindeki Malzeme Ocağının Yol Yapımında Kullanımı

Evrim TEKELİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 03/10/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği/~~Oy Çokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Özen KILIÇ (Danışman) ……

: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ ……

: Dr. Öğr. Üyesi Mine TAYKURT DADAY ……

Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. KİREÇTAŞI 5
3.1. Kireçtaşının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 8
3.1.1. Fiziksel Özellikler 8
3.1.2. Kimyasal Özellikler 9
3.2. Kireçtaşının Kullanım Alanları 9
3.2.1. İnşaat ve Yapı 11
3.2.2. Kireç Üretimi 14
3.2.3. Metalürji 15
3.2.4. Cam Endüstrisi 16
3.2.5. Seramik Endüstrisi 16
3.2.6. Çevre 16
3.2.7. Kâğıt Sanayi 17
3.2.8. Boya Sanayi 17
3.2.9. Şeker Sanayi 18
3.2.10. Tarım 18
3.2.11. Kimya Sanayi 18
3.2.12. İlaç Sanayi 18
3.2.13. Kömür Ocaklarında Kullanımı 18
3.2.14. Maden Zenginleştirmede Kullanımı 19
3.2.15. Diğer Endüstriyel Kullanım Alanları 19
3.3. Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli 19
4. MATERYAL VE METOD 21
4.1. Materyal 21
4.2. Metod 24
4.2.1. Petrografik Analiz 25
4.2.2. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz 25
4.2.3. Termogravimetrik Yöntemler (TG) 25

4.2.4. Fiziksel Özellikler 25
4.2.5. Geometrik Özellikler 27
4.2.6. Diğer Özelliklerin Tayini 30
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 35
5.1. Kimyasal Analiz 35
5.2. X-Ray Difraction Analizi 35
5.3. Termogravimetrik (TG) Analizi 36
5.4. Petrografik İnceleme 37
5.5. Fiziksel Özellikler 38
5.6. Geometrik Özellikler 38
5.6.1. Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi 38
5.6.2. İnce Malzemenin Kalitesi, Metilen Mavisi Deneyi 39
5.6.3. Tane Büyüklüğü Dağılımı 39
5.7. Diğer Özellikler 40
5.7.1. İri Agregaların Donma ve Çözülme Etkisine Karşı Direnci 40
5.7.2. Alkali Silika Reaktifliği 41
5.7.3 Asitte Çözünebilen Sülfatın Tayin Edilmesi 41
5.7.4. Suda Çözünebilir Klorürün Tayin Edilmesi 42
5.7.5. Organik Maddenin Tayin Edilmesi 42
5.7.6. İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles Deneyi) 42
5.7.7. Modifiye Proktor 44
5.7.8. Marshall Dizayn Metodu 45
5.7.9. Tek Eksenli Basma Dayanımı 46
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
6.1. Sonuçlar 49
6.2. Öneriler 50
KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 55

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tufanbeyli İlçesi Fatmakuyu Mahallesi Mevkiindeki Malzeme Ocağının Yol Yapımında Kullanımı

Evrim TEKELİ

Danışman: Prof. Dr. Özen KILIÇ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Bu tez çalışmasında, Adana İli Tufanbeyli İlçesi sınırlarında bulunan ariyet ocağı olarak nitelendirilen ve bu kapsamda yol yapımında dolgu malzemesi olarak kullanılan Fatmakuyu mahallesi kireçtaşlarının günümüz şartlarında daha efektif bir malzeme olarak kullanılması için öncelikli olarak yol yapım hizmetlerinde daha sonrasında ise hazır beton üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi amacıyla ocaktan kireçtaşı örnekleri alınmış ve fiziksel, kimyasal ve geometrik özelliklerini belirleyici deneylere tabii tutulmuş bunun yanı sıra bitümlü sıcak karışım olabilmesi adına karışım tasarımının belirlenmesi için de çalışmalar yapılmıştır.

Analizin sonuçları yorumlandığında kireçtaşlarının >%96 $CaCO_3$ içerdiğini, kireçtaşı safsızlığının (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) oldukça düşük olduğu yapılan XRD analizi neticesinde yüksek oranda kalsit minerali olduğu, petrografik incelemeler için alınan ince kesitler neticesinde ana kolojenezi kalsit olan bir kireçtaşı olduğu görülmüştür. Fiziksel özellik açısından birim hacım ağırlığının 2,55 g/cm^3'ten büyük, su emme değerinin 0,74 prozitesinin %1,599 olduğu belirlenmiştir. Los Angeles aşınma deneyi aşınma kaybı değerlerinin <%30 olduğu, geometrik özelliklerinin ise hazır beton ve bitümlü sıcak karışım için uygun olduğunu göstermektedir. Bitümlü sıcak karışım tasarımı için Marshall briketleri hazırlanmış ve en uygun bitüm oranı tayini yapılmış ve optimum bitüm içeriği %4,5 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan marshall briketleri ile silindirik beton numuneleri tek eksenli basma dayanımına tabii tutularak dayanımlarının tayini yapılmıştır.

Deney sonuçları değerlendirildiğinde Fatmakuyu ariyet ocağının yol altyapısı inşaatlarında, beton üretiminde yol üst yapısında (bitümlü temel, binder, sathi kaplama agregası) kullanılabilir özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bölgede bulunan termik santralin baca gazlarının arıtılması amacı ile kullanımı için SiO_2 ve $MgCO_3$ değerlerinin uygun olmadığı görülmüş ve bu amaçla kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Üretim kolaylığı göz önüne alındığında avantajlarının değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tufanbeyli, Fatmakuyu, Kireçtaşı, Agrega, Asfalt, Los Angeles, Porozite, Su Emme, Yol, Beton, XRF, XRD, Petrografi, Marshall.

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Use of the Material Quarry in Fatmakuyu District of Tufanbeyli District in Road Construction

Evrim TEKELİ

Advisor: Prof. Dr. Özen KILIÇ

Department of Mining Engineering

ABSTRACT

In this thesis study,, limestone samples were taken from the quarry to examine its usability in ready-mixed concrete production, primarily in order to use the limestones of the Fatmakuyu neighborhood, which are characterized as the ariyet quarry located on the borders of the Tufanbeyli district of Adana province and used as a filling material in road construction in this context, as a more effective material in today's conditions, and then in road construction services, and then in physical, in addition, experiments were conducted to determine the chemical and geometric properties, as well as studies were conducted to determine the design of the mixture in order to be a bituminous hot mixture.

When the results of the analysis were interpreted, it was found that the limestones contained >96% $CaCO_3$, that the limestone impurity (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) was quite low, that there was a high proportion of calcite minerals as a result of XRD analysis, that there was a limestone whose main collogenesis was calcite as a result of thin sections taken for petrographic examinations. In terms of physical properties, it was determined that the unit volume weight is greater than 2.55 g/cm^3, the water absorption value is 0.74 with a prozite of %1.599. The Los Angeles wear experiment shows that the wear loss values are <30% and the geometric properties are suitable for ready-mixed concrete and bituminous hot mix. Marshall briquettes were prepared for bituminous hot mixture design and the optimal bitumen ratio was determined and the optimum bitumen content was determined as 4.5%. The prepared marshall briquettes and cylindrical concrete samples were subjected to uniaxial compressive strength and their strength was determined.

When the experimental results were evaluated, it was seen that Fatmakuyu ariyet quarry has usable properties in road infrastructure construction, road superstructure in concrete production (Bituminous Foundation, Binder, Surface Coating aggregate). It was found that the SiO_2 and $MgCO_3$ values were not suitable for the use of the thermal power plant located in the region for the purpose of treating flue gases, and it was determined that its use was not suitable for this purpose. Considering the ease of production, it is thought that its advantages should be evaluated.

Keywords: Tufanbeyli, Fatmakuyu, Limestone, Aggregate, Asphalt, Porosity, Water Absorbtion, Road, Concrete,XRF, XRD, Petrography, Marshall.

TEŞEKKÜR

2008 yılında başlayıp 2012 yılında lisans eğitimimi tamamlayıp 2019 yılı itibari ile Yüksek lisans eğitimi için dönmüş olduğum üniversitemde Maden Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum Yüksek Lisans çalışmamda üniversite eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, karşılaştığım sorunlara çözüm üreterek, çalışmalarımın olabildiğince sağlıklı sürmesini sağlayan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Özen KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek Lisansımın tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ'a,, Dr. Öğr. Üyesi Mine TAYKURT DADAY'a deneysel çalışmalarımda, yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Dr. Esma KAHRAMAN'a agrega deneyleri için laboratuvarlarında bana destek veren HEM Grup Asfalt A.Ş., Kadir Gündüz İnş. A.Ş. ve Trend İnşaat A.Ş. yetkililerine tezim için yaptığım literatür ve deneysel çalışmalar aşamasında yardımcı olan iş arkadaşlarım Maden Mühendisi Sayın Yılmaz Alper ONGUN ve Jeofizik Yük. Müh. Sayın Buğra Han ÇOMULU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Her koşulda maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşime, anneme, babama, biricik oğluma ve emeği geçen tüm sevdiklerime saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. $CaCO_3$ İçeriğine Göre Sınıflama ····· 7

Çizelge 3.2. İkincil Maddelerin Oranına Göre Kalkerler ····· 7

Çizelge 3.3. Yapısına Göre Kireçtaşlarının Sınıflandırılması ····· 8

Çizelge 3.4. Ürünün Tane Boyutuna Göre Kireçtaşlarının Kullanım Alanları ve Aranan Teknolojik Özellikler ····· 10

Çizelge 3.5. Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri ····· 13

Çizelge 3.6. Türk Çimento Sektörünün Yıllara Göre Üretim ve Tüketim Miktarları ····· 14

Çizelge 3.7. Baca gazlarının arıtımında kullanılacak kireçtaşlarında istenilen özellikler ····· 17

Çizelge 3.8. Türkiye'deki Coğrafi Bölgelere Göre Kalker Oluşumlarının Dağılımı ····· 19

Çizelge 3.9. Türkiye Doğal Taş İhracatı ····· 19

Çizelge 3.10. Kalker Üretim Miktarları ····· 20

Çizelge 4.1. Normal Agregalar İçin Deney Numunelerinin Kütlesi ····· 27

Çizelge 4.2. Demiryolu Balastları İçin Agregalarda Tane Sınıfı Kategorisi ····· 28

Çizelge 4.3. Tane Büyüklüğü Dağılımı İçin Genel Şartlar ····· 28

Çizelge 4.4. Silindirik Çubuklu Elekler ····· 30

Çizelge 5.1. Kimyasal Analiz (XRF) ve Kızdırma Kaybı (KK) Sonucu ····· 35

Çizelge 5.2. Fiziksel Özellikler ····· 38

Çizelge 5.3. Yassılık Endeksi Hesabı ····· 38

Çizelge 5.4. Tane Büyüklüğü Dağılımı ····· 40

Çizelge 5.5. Optimum Su İçeriği Hesap Tablosu ····· 44

Çizelge 5.6. Marshall Dizayn Hesap Tablosu ····· 46

Çizelge 5.7. Beton Numunesi Basınç Deneyi Sonucu ····· 46

Çizelge 5.8. Asfalt Numunesi Basınç Deneyi Sonucu ····· 47

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Fatmakuyu Ocağı Çevresi Uydu Görüntüsü....22
Şekil 4.2. Üretim Yapılmış Kısım....22
Şekil 4.3. Stok Sahası....23
Şekil 4.4. Ocaktan Genel Görünüm....23
Şekil 4.5. Tufanbeyli Havzası ve Yakın Çevresinin Jeoloji–Litoloji Haritası....24
Şekil 4.6. Los Angeles Deney Makinesi....33
Şekil 5.1. Kireçtaşına Ait X-Ray Difractometre Analiz Sonucu....36
Şekil 5.2. Örneğin 10 °C/dk Isıtma Hızında TG Eğrisi....36
Şekil 5.3. Numune İnce Kesit Görüntüsü....37
Şekil 5.4. Metilen Mavisi Deneyi....39
Şekil 5.5. Granülometre Eğrisi....40
Şekil 5.6. Alkali Silika Reaktifliği....41
Şekil 5.7. Los Angeles Deneyi....42
Şekil 5.8. Los Angeles Deney Tartımı....43
Şekil 5.9. Los Angeles Deney Makinasından Çıkan....43
Şekil 5.10. Optimum Su İçeriği Eğrisi....44
Şekil 5.11. Modifiye Proktor Deneyi Yapılışı....45
Şekil 5.12. Binder Tabakası Marshall Briketi....47
Şekil 5.13. Beton Numunesi....47
Şekil 6.1. Fatmakuyu Kireçtaşı ile Yapılmış Kayarcık Mahalle Yolu....50
Şekil 6.2. Fatmakuyu Kireçtaşı ile Yapılmış Karsavuran-Çatalçam Mahalle Yolu....50

SİMGELER VE KISALTMALAR

GSYİH : Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
$CaCO_3$: Kalsiyum Karbonat
CaO : Kalsiyum Oksit
CO_2 : Karbon Dioksit
SiO_2 : Silisyum Dioksit
Al_2O_3 : Alüminyum Oksit
$MgCO_3$: Magnezyum Karbonat
Cm : Santimetre
Cm^2 : Santimetre Kare
Cm^3 : Santimetre Küp
m^3 : Metre Küp
ºC : Santigrat
MgO : Magnezyum Oksit
Si : Silisyum
Al : Alüminyum
DPT : Devlet Planlama Teşkilatı
Mm : Milimetre
Kg : Kilogram
S : Kükürt
P : Fosfor
$CaMg(CO_3)_2$: Kalsiyum Magnezyum Karbonat (Dolomit)
SO_2 : Kükürt Dioksit
SO_3 : KükürtTrioksit
Ç.Ş.B. : Çalışma ve Şehircilik Bakanlığı
Fe : Demir
Mg : Magnezyum
Fe_2O_3 : Demir Oksit
$CaCO_2$: Kalsiyum Karbonat
$NaHCO_3$: Sodyum Bikarbonat
$MgSO_4$: Magnezyum Sülfat
İmib : İstanbul Maden İhracatçıları Birliği
Mapeg : Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
Migem : Maden İşleri Genel Müdürlüğü
Km : Kilometre
v.b. : Ve benzeri

TS : Türk Standartları

G : Gram

% : Yüzde

ASR. : Alkali- Silika Reaksiyonları

R_c : Alkali Azalması

S_c : Çözünmüş Silis

KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü

Dev. : Devir

Dak. : Dakika

XRF : X-ray fluorescence

XRD : X-ray difraction

TG : Termogravimetrik

SiO_3 : Silikat

Cl : Klor

K_2O : Potasyum Oksit

CuO : Bakır Oksit

Lt : Litre

PMT : Plent Mix Temel

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

MPa : Megapasakal

h : Briket Yüksekliği (mm)

m_h : Havadaki Ağırlık (g)

m_{su} : Sudaki ağırlık

m_{Doy} : Doygun Yüz. Ağırlığı (g)

V :Hacim (cm^3)

Vγ :Hacim Özgül Ağırlığı

γ : Max. Teorik Öz. Ağırlığı

Stb. :Stabilite (Kg)

d : Boşluk %'si

d_{agr} :Agrega Boşluk %'si

d_{asf}: Asf. Dolu Boşluk %'si

1. GİRİŞ

Günümüzde ulaşımının yeri küçümsenmeyecek ve göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Özellikle karayolu ulaşımı antik çağlardan günümüze kadar hep kendisini geliştirmiş ve güncelliğini korumuştur. Sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan toplumlar adına geldiğimiz noktada artık vazgeçilmeyecek bir unsur olmuştur.

Hızlı nüfus artışından dolayı her geçen gün ülkemizde kişilerin sahip olduğu araç miktarı da artmaktadır. Hızlı nüfus artışları ile paralel olarak artan araç ihtiyacı ile birlikte ticari, turistik ve sanayi açısından yeni kara yollarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca ekonominin gelişmesi ile ulaştırma arasında doğrusal bir orantı görülmekte olup Türkiye'de yapılan araştırmalar sonucunda gayri safi yurtiçi hâsılanın (GSYİH) yükselmesi ile yolcu ve yük taşımalarında da aynı artışın görüldüğü araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur (Açlar, 1997).

Ulaşım türleri arasında karayolu 2019 yılında %89,9 2020 yılında %93,6, 2021 yılında %92,8 ve 2022 yılında 91,2 oranı ile yolcu taşımasında, yine 2019 yılında %89,2, 2020 yılında %88,3, 2021 yılında % 92,5 ve 2022 yılında ise % 89,3 oranı ile de yük taşımasında ilk sırada yer almaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolu Ulaşım İstatistikleri 2022).

Ülke genelinde karayolu ulaşımının bu denli yoğun olması sebebi ile gerek ulaştırma bakanlığı gerekse de yerel yönetimler kaynaklarının büyük kısmını Yol yapım, bakım ve onarımı çalışmalarına ayırmakta olup bu bağlamda yolun daha kaliteli olması ve daha uzun yıllar kamuya hizmet edebilmesi için araştırma ve çalışmalar devam etmektedir.

Yol yapım bakım ve onarımı için en önemli hususlardan olan doğru ve kaliteli malzemenin kullanımı ile yapılan yolun kalitesinin ve kamuya hizmet süresinin artması ile birlikte ekonomik kaynakları kısıtlı olan ülkemiz için de önemli bir tasarruf tedbiri yaratılmış olunacaktır.

Ayrıca yapılan çalışmaların neticesinde üretilen malzemenin başka hangi alanlarda kullanılabileceğinin belirlenmesi ve ek katma değer yaratılması adına son derece önemlidir.

Bu tez çalışması ile yapılan çalışmalar ile Tufanbeyli Fatmakuyu Mahallesi sınırları içerisinde bulunan kireçtaşlarının fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için sahadan standartlara uygun olarak örnekler alınmış ve alınan örnekler araştırılmıştır. Yapılan analizler doğrultusunda üretilen malzemenin nasıl bir katma değer yaratacağı ve kullanımı ile sağlanabilecek faydalar belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Özgül ve ark. (1967), Tufanbeyli ilçesi ve dolaylarındaki Bölgede Kambriyen'den Tersiyere kadar bütün sistemleri temsil eden kaya stratigrafi birimlerini incelemiş ve Kaya stratigrafi birimlerinin tümünü Formasyon derecesinde adlandırmıştır.

Konak ve ark. (2009) inşaat sektörünün ihtiyacı olan agreganın işletilmesi ve kentsel faydaları konusunda yaptıkları çalışmada yapı sektörünün ihtiyacı olan kireçtaşının üretimiyle ilgili genel bir bakış sunmuşlardır.

Kahraman, Kılıç ve Kılıç (2015) yılında Adana-Saimbeyli-Avcıpınarı yöresi kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi konusunda yaptıkları çalışmada bu bölgenin kireçtaşlarının beton agregası ve yol yapım agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Bozkaya (1995)'de yapmış olduğu doktora çalışmasında Doğu Toroslardaki (Sarız, Tufanbeyli, Saimbeyli Yöreleri) sedimanter ve çok düşük dereceli meta sedimanter kayaçların mineralojisi ve jeokimyasını incelemiş.

Kırıkoğlu (1996)'da yapmış olduğu çalışma neticesinde endüstriyel kullanım için karbonatlı kayaçların sahip olması gereken özellikleri ortaya koymuştur.

Özgül, Metin ve Dean (1972)'de yapmış oldukları çalışmada Doğu Toroslar'da Tufanbeyli ilçesi (Adana) dolayının alt paleozoik stratigrafisi ve faunasını incelemiş.

Erdoğan, Özgül, Metin, Göğer, Bingöl ve Baydar (1975) yılında yapmış oldukları çalışmada Tufanbeyli dolayının (Dogu Toroslar-Adana) kambriyen-tersiyer kayalarını incelemiş.

Yaşar ve Erdoğan (2002)'de yapmış oldukları çalışma sonucunda Adana ve yöresinde inşaat sektörü için yaygın olarak kullanımı bulunan 6 farklı yapı ve kaplama kayacı üzerinde Schmidt ve Shore sertlik değerleri ile fiziko mekanik özellikleri değerlendirerek bu yapı malzemeleri arasında istatistiksel ilişkileri tespit etmişlerdir.

Ege ve Tonbul (2003)'de yapmış oldukları çalışmada Tufanbeyli havzası ve yakın çevresinin jeomorfolojisini incelemiş ve Toros orojenik kuşağında yer alan Tufanbeyli Havzası ve yakın çevresinde Kambriyenden günümüze kadar olan dönemlerde oluşmuş çeşitli jeolojik formasyonları saptamışlardır.

Ünsalaner (1945)'de bölgedeki Üst Devoniyen mercan ve brakiyopod iddialarını incelemiştir.

Abdüsselamoğlu (1959)'da bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve daha önceden bilinenlerin dışında Silüriyen, Eosen, Miyosen ve Piliyosen'in varlığını ortaya koymuştur.

Demirtaşlı (1967)'de bölgenin doğusunda yer alan çalışma alanı dışındaki petrol olanaklarını incelemek ve tespit edebilmek amacıyla yaptığı çalışmasında kaya stratigrafi birimlerini ayırmış ve adlandırmıştır Sadece kesit çizgisi boyunca yer alan 1 km genişliğindeki bir saha şeridinin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır.

3. KİREÇTAŞI

Oluşumları itibari ile içeriğinde en az %90 oranla kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bulundurması şartı ile oluşmuş olan kayaçlara kalker veya kireçtaşı denilmektedir. Bunun dışında kimyasal bileşimi itibari ile en az %90 oranda kalsit içeren kayaçlara da kalker denilmektedir. Karbonatlı kayaçlar kimyasal bileşimlerinde içerdikleri kalsit ve dolomit içeriklerine göre ayrılmaktadır (Skillen, 1993; Yüce, 2001).

Kalkerin bileşiminde saf halde kalsit kristali bulunmaktadır. Aragonit kristali de çok az miktarlarda da olsa kalkerin içeriğinde bulunabilmektedir. Yapılan çalışmalar bağlamında teoride kalkerin iki ayrı kristal şeklinin bulunduğu bilinmekle birlikte içeriğinde %56 CaO ve %44 CO_2 tespit edilmiştir. Doğada bulunuşları itibari ile asla tek başına saf halde görülmezler. Doğada hiçbir zaman saf olarak bulunamayan kalkerler ikincil derecede safsızlık yaratan diğer oluşumların bulunması ile genellikle sarı renkte olan kalkerler başka safsızlıkların da dâhil olması sonucunda kahverengi ya da siyah renklerde de bulunduğu bilinmektedir.

Denizlerde veya tatlı su kaynaklarında oluşumunu gerçekleştirmiş olan kalkerler kimyasal, mekanik veya organik olarak çökelme sonucu ile oluşmakta, yeraltı sularında oluşumunu gerçekleştiren kalker yatakları ise travertenler şeklinde görülmektedir. Oluşumlarından anlaşılacağı üzere kalkerler iki temel grup üzerinden değerlendirilmektedir. Otokton olarak adlandırılan kireçtaşları organik ve kimyasal kireçtaşları, allokton olarak adlandırılan kireçtaşları ise klasik kireçtaşı olarak kabul edilmektedir. Oluşumunu tamamlamış olan kireçtaşları genel olarak organik, detritik ve kimyasal maddeler içermektedir (DPT, 2001).

Genç kireçtaşlarının oluşumları itibari ile kalsit (hegzagonal $CaCO_3$) ve aragonit (ortorombik $CaCO_3$) kristalleri içeriğinde yer alabilmektedir. Eski kireçtaşı oluşumlarında ise aragonit kristallerini bulmak çok güç olup bunun nedeninin aragonit kristallerinin kalsit kristallerine göre daha kolay dönüşebilmesidir.

Kireçtaşının (Kalkerin) hangi yolla oluştuğu fark etmeksizin doğada buluma şekilleri ve durumları ile içeriğinde bulunan $CaCO_3$'ün yanı sıra, yapısında bulundurabileceği karbonat, magnezyum, sülfür, kil mineralleri ile demir silikat-oksit asidi (SiO_2) gibi diğer bileşiklerde içerebilmektedirler.

Kalkerin meydana gelmesinin akabinde birincil kirletici olarak görülen ve daha çok orojenik-epirojenik hareketler ile metamorfizma, tektonizma, metazomatik gelişmeler sonucunda meydana gelmektedir. Meydana gelen İkincil safsızlıklar ise daha çok atmosferik olaylar sonrasında gerçekleşmektedir. Oluşan bu safsızlıkların tamamı ile birlikte minerolojik ve kimyasal bileşim açısından görülen farklılıkların yanı sıra kalkerlerin yapısında ve dokusunda gösterdikleri formlar kalkerin temelini oluşturmaktadır. İçeriğinde ki maddelere göre oluşan kalkerler ve temel özellikler esas

alınarak yapılan pek çok sınıflama ve verilen adlandırmalar bulunmakta olup çeşitlerine ayrılmaktadırlar.

Kireçtaşlarının ayrımı yapılırken oluştukları ortama, kimyasal içeriklerine, fiziksel yapılarına ve jeolojik oluşumlarına göre değerlendirilmektedir. Kireçtaşlarının kimyasal içerikleri temel alınarak yapılan sınıflandırma şu şekilde yapılmaktadır (Boynton, 1980);

- Kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşı: Yüksek miktarlarda bileşimlerinde $CaCO_3$ve bileşiminde %5'den daha az $MgCO_3$ içermektedir.
- Magnezyum içeriği yüksek kireçtaşı: $CaCO_3$'ünyanısıra %5 ile %20 oranına kadar da $MgCO_3$ içermektedir.

Avrupa ve Amerika'da uygun görülen kireçtaşı türlerinin tanımlamaları şu şekilde yapılmaktadır (Boynton, 1980; Othmer, 1978; Kraus ve ark., 1959).

- Killi Kireçtaşı: Kimyasal bileşiminde, kil minerali ile birlikte silisyum ve alüminyum oksitlerini oldukça yüksek oranda bulunmaktadır.
- Karbon içeren Kireçtaşı: Turba veya asfalt gibi safsızlık olarak organik madde içermektedir. Rengi siyah olmakla birlikte yakılması durumunda kötü bir koku çıkaran bir kireçtaşı türüdür.
- Çimento taşı: Safsızlık olarak kil içeren kireçtaşıdır. Portland çimentosunun üretiminde uygun oranda SiO_2, Al_2O_3 ve $CaCO_3$bileşenleri bulunmaktadır.
- Tebeşir: Fiziksel ve kimyasal özellikleri olan renk, sertlik ve saflıkları büyük ölçüde değişiklik göstermektedir.$CaCO_3$'ün yumuşak ve fosil içeren bir türü olmakla birlikte tane boyutunun çok küçük olması nedeni ile biçimsiz görülmektedir.
- Demirli kireçtaşı: Safsızlık olarak kimyasal bileşiminde bulunan demir minerali nedeniyle ve bu minerallerin oksitlenmesi sonucu sarı veya kırmızı renkte görünen kireçtaşıdır.
- Eritme taşı: Bu kireçtaşı %95'lik $CaCO_3$oranı ile en saf kireçtaşı türlerden biridir. Metalürjik süreçlerde yüksek fırınlarda eritme taşı olarak kullanılmaktadır.
- İzlanda sparı: Kimyasal bileşimine bulunan $CaCO_3$ yüzdesi ve ikincil safsızlıkların bulunmaması nedeni ile en temiz kireçtaşı türüdür. Nerdeyse içerisinde hiçbir safsızlık içermeyen tamamı $CaCO_3$ olan (%99,9) kireçtaşıdır. Mikroskop, Uzay teleskopları gibi yüksek hassasiyet gerektiren hassas cihazların optik camlarının yapımı için bu tür kireçtaşları tercih edilmektedir ve nadiren rastlanmaktadır.
- Fosforlu kireçtaşı: Kökeninin deniz kökenli organizmalar olması nedeni ile bileşimlerinde %5'e kadar fosfor minerali içeren ve kalsiyumca zengin bir kireçtaşı çeşididir.
- Marn: Bileşimlerinde karbonat bulunan ve oluşumu deniz organizmaları tarafından olan kireçtaşı türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Traverten: Oluşumları itibari ile boşluklu yapıya sahiplerdir. Kısmen mikroskobik organizmalar tarafından meydana gelmektedir. Doğal ve sıcak su kaynaklarındaki $CaCO_3$'ün çökelerek oluşan traverten, mermer olarak da kullanılabilmektedir.

Folk ve Dunham'ın (1962) karbonat kayaçların sınıflamaları kullanılmaktadır. Kireçtaşlarının kimyasal bileşimindeki $CaCO_3$ içeriğine göre sınıflandırıma Çizelge 3.1'de ve ikincil maddelerin oranına göre sınıflandırma ise Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. $CaCO_3$ İçeriğine Göre Sınıflama (Dunham 1962)

Kayaç Adı	Bileşimi
Çok yüksek kalsiyum değerli kireçtaşı	En az %97 $CaCO_3$
Yükse kalsiyumlu değerli kireçtaşı	En az %95 $CaCO_3$
Yüksek karbonat değerli kireçtaşı	En az %95 $CaCO_3$+$MgCO_3$
Kalsitik kireçtaşı	%5 $MgCO_3$
Magnezyum içerikli kireçtaşı	%5-20 $MgCO_3$
Dolomitik kireçtaşı	%20-40 $MgCO_3$
Yüksek magnezyum değerli dolomit	En az. %40-46 $MgCO_3$

Kireçtaşında bir diğer sınıflandırma yöntemi olan ortalama tane büyüklüklerinin ölçü alındığı sınıflamalardır. Buna göre;

- Mikro taneli kireçtaşı: ebat 4 μ'dan küçük olanlar
- İnce taneli kireçtaşı: ebat 4-50 μ arasında olanlar
- Orta büyüklükte kireçtaşı: ebat 50-250 μ arasında olanlar
- İri taneli kireçtaşı: ebat 250 μ'dan büyük olanlardır.

Çizelge 3.2. İkincil Maddelerin Oranına Göre Kalkerler (Folk 1962)

Adlandırma	$CaCO_3$ (%)	CaO (%)
Çok fazla saf kalkerler	98,5	55,2
Çok saf kalkerler	97-98,5	54,3-55,2
Orta saf kalkerler	93,5-97,5	52,4-54,3
Az saf kalkerler	85-93,5	47,6-52,4
Saf olmayan kalkerler	85	47,6

Belirtilen diğer bir sınıflandırmada kireçtaşlarının için fiziksel yapılarına, safsızlık yüzdelerine (Silisyumlu, Alüminyumlu demirli vb.) ve mikro yapılarını esas alan sınıflandırma çeşitleridir. Bu sınıflandırma yöntemi Çizelge 3.3'de verilmiştir (DPT, 1996).

Çizelge 3.3. Yapısına Göre Kireçtaşlarının Sınıflandırılması (DPT, 1996)

Yüksek Kalsiyumlu	$CaCO_3$ oranı %95 den fazla, $MgCO_3$ oranı %2-5 arasındadır.
Tebeşir	%98-99 $CaCO_3$ ihtiva eder. %20 safsızlık içeren gri renkte olanları da vardır.
Mermer	Çok sert dokulu metamorfik yapılı $CaCO_3$
Metalurjik	Metalurjide kullanılan yüksek saflıktaki $CaCO_3$
Camlık Kireçtaşı	Yüksek saflıkta kalsitik ve dolomitik yapıda olup demir oranı çok düşüktür.
Fosfatik	Fosfor oranı %5.
Magnezyumlu	$MgCO_3$ Oranı %5-20 arasındadır.
Dolomitik	$CaCO_3$: %54-58 $MgCO_3$: %40-46 arasındadır. Bununla beraber $MgCO_3$ oranı %20 den fazla olan her kireçtaşı dolomitik kabul edilir.
Çimentoluk	Si, Al ve $CaCO_3$ oranları portland çimento yapımı için idealdir.
Traverten	Sıcak su kaynaklarındaki çökelmelerle oluşur, sert bir yapıya sahiptir.
Marn	Yumuşak, kirlilik oranı yüksektir. Bazı tipleri $CaCO_3$'den fazla Si ve Al içerir.
Bitümlü Kireçtaşı	Yapısında organik maddeler, doğal asfalt ve petrol bulunur.
Koralli Kireçtaşı	Yapısında yoğun koral fosil bulunur.

3.1. Kireçtaşının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

3.1.1. Fiziksel Özellikler

Renk: Kireçtaşlarının rengi içinde ihtiva ettiği kalsiyum ve diğer safsızlıkların oranına göre belirlenmektedir. Beyaz renkli kireçtaşları maksimum derecede kalsiyum içerdiğini, gri tonlarda oluşumu tamamlanmış olan kireçtaşlarından karbon kaynaklı olanlar safsızlık olarak $FeSO_4$'lerin varlığını kanıtlarken, kahverengi, yeşil, açık sarı ve kırmızı renklerde oluşanlar ise safsızlık olarak içeriğinde demir ve mangan muhtevasının işareti olarak kabul edilmektedir. Pembe renkli kireçtaşları ise dolomitik yapı belirtisi olarak kabul edilmektedir.

Tekstür ve Kristal Yapısı: Oluşum şekilleri sonucunda bütün kireçtaşları kristal yapıdadır. Bununla beraber kireçtaşlarının ebatları, homojenliği, yoğunluğu ve sertliği her kireçtaşında farklılık gösterebilmektedir.

Gözeneklilik ve su emme kabiliyeti: oluşumları itibari ile kireçtaşlarının gözeneklilikleri farklılık gösterebilmekte olup Kireçtaşları için %0,1-3, mermerler için %0,1-2, tebeşirler için %15-40 ve dolomitler için ise %1-10 arasında boşluk yapısına sahiptir. Gözeneklilik oranları ve içerdikleri organik madde miktarlarına bağlı olarak kireçtaşlarının su emme miktarları değişebilmedir. Bu yüksek yoğunlukta bulunan kireçtaşlarında bu oran yaklaşık %0,4 dolaylarında olduğu bilinmektedir.

Özgül Ağırlık, Yığın Yoğunluğu ve Görünür Yoğunluk: Oda sıcaklığında ki kalsitin özgül ağırlığı 2,72 g/cm^3, aragonitin 2,94 g/cm^3 ve dolomitin ise 2,86 g/cm^3 civarındadır. Yığın yoğunluğu ise öğütülmüş ve elenmiş olan bir kireçtaşının birim hacime olan ağırlığı olarak tarif edilmektedir. Tipik bir

kireçtaşı örneği için görünür yoğunluk 1,5-2,3 g/cm^3 değerleri arasında değişmekte olup bu yoğunluk değeri görünür oranına ve kayaç yüzeyindeki boşlukların su miktarına bağlı olarak, 110 ºC'de kurutulmuş bir kireçtaşı örneği için verilebilmektedir.

Sertlik: Kireçtaşı için Mohs sertlik değeri genellikle 2-4 değerleri arasında değişmektedir.

Mukavemet: Kireçtaşları oluşumları itibari ile mermer ve traverten gibi kireçtaşları çok yüksek dayanıma sahipken daha yumuşak olan tebeşir ve marn gibi kireçtaşları da bulunmaktadır.

Isı İletkenliği: Porozitesine (gözenekliliğine) ve yapısına bağlı olarak ısı iletkenliği sıcaklık arttıkça azalır (Lokman, 2000).

3.1.2. Kimyasal Özellikler

Karbonatların fiziksel özellikleri kimyasal özelliklerine göre daha önemlidir. Bunun nedeni olarak oksit ve hidroksitler kadar aktif olmamalıdır.

Kimyasal Stabilite: Kalstik ve dolomitik olan kireçtaşları kimyasal özellik olarak en kararlı olan kireçtaşı türleridir. 600 ºC'nin üzerine kadar ayrışamazlar ancak daha yüksek sıcaklıklarda kalsinasyon işlemi sonucu ayrışarak kirece dönüşmektedirler. CO_2içermeyen sulardan asla etkilenmezlerken Kuvvetli asitler kireçtaşları ile reaksiyona girerek yapısını bozmaktadırlar.

Karbondioksitle reaksiyon: Kireçtaşılarının çözünme oranları CO_2 ihtiva eden artmakla birlikte dönüşümlü bir reaksiyonun sonucunda kalsiyum bikarbonata evirilmektedirler.

pH değeri: Kalsitik olarak nitelendirilen kireçtaşlarında sudaki Ph değerleri 8 ile 9 civarlarında olmasına karşın dolomitik kireçtaşlarında bu değer 9-9,2 arasında olduğu görülmektedir.

Asitlerle Reaksiyon: Kireçtaşlarının kimyasal yapısı nedeni ile bazik karakterli oluşu genellikle tüm kuvvetli asitlerle reaksiyona girmesine ve bu reaksiyon sonucunda CO_2 gazı çıkışına neden olmaktadır. Bu özelliği sayesinde asit etkisizleştirme yöntemi olarak kireçtaşı tercih edilmektedir.

Termal Dekompozisyon: Kireçtaşları için en önemli özellik olarak değerlendirilen termal dekompozisyon bütün karbonat içerikli kayaçlar için geçerli olup yüksek sıcaklık altında (600 ºC üzeri) CO_2 gazı açığa çıkartarak oksitlerine dönüşmektedir (kalsinasyon).

3.2. Kireçtaşının Kullanım Alanları

Günümüz şartlarında kireçtaşları, inşaat ve çimento sanayinde kırma taş olarak, kireç hammaddesi üretimi için, seramik ve tuğla yapımında katkı maddesi olarak, metalürjide işlemlerinde, tarım alanlarında sentetik gübre yapımı ve bitki koruma ürünlerinin üretiminde, cam ve kâğıt yapımında, kimya ve ilaç sanayinde, şeker endüstrisinde, matbaacılıkta, kömür madenlerinde kömür tozu yangınlarının önlenmesinde, asit yağmurlarının nötrleştirilmesi işleminde, cevher zenginleştirmede flotasyon işleminde, meyve suyu, içki ve yağ üretiminde, oto lastiği imalatında sıklıkla kullanılmaktadır (Önem, 1997; Yakut, 2001).

Kireçtaşlarının nerede ve hangi işlem için kullanılacağı tane boyutuna göre değişiklik göstermektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Ürünün Tane Boyutuna Göre Kireçtaşlarının Kullanım Alanları ve Aranan Teknolojik Özellikler (Temur, 2001)

Tane	Kullanım Alanı	Teknolojik Özellikleri
>1 m	Kesilmiş ve parlatılmış taş (mermer)	Kusursuz büyük bloklar, beyaz veya tercih edilen renk ve desenler, düşük porozite, donma çözülmeye karşı direnç
>30 cm	Yapı taşı	Kalın tabakalı, çatlaksız düşük porozite, donma çözülmeye karşı direnç, yüksek basınca mukavemet
>30 cm	Temel veya zırh taşı	Basınca karşı yüksek mukavemet, darbelere karşı direnç, yüksek yoğunluk, düşük porozite, donma-çözülmeye karşı direnç, blok verecek kadar kalın tabakalı veya çatlaksız olma
1-30 cm	Kireç üretimi	Kimyasal saflık, kalsinasyonda verimlilik, kırma ve yıkama işlemine uygunluk, yanma karakteristikler
1-20 cm	Agrega, yol malzemesi, tren yolu balastı, çatı kaplamaları, çimento mozayiği, sıva malzemesi	Kırma sertliği, aşınmaya karşı direnci, parlatma sertliği, çözünen tuz miktarı, çimento içinde alkali reaksiyonları, tane şekli
0,2-5 cm	Kimya sanayi ve cam yapımı	Kimyasal saflık, organik madde miktarı, aşınma sertliği
3-8 mm	Filtrasyon malzemesi	Basınca karşı direnç, kimyasal saflık, su tutma, aşınma sertliği, kabuk oluşturma
3-8 mm	Kümes kumu	Kimyasal saflık, tane şekli
<4 mm	Tarım	Kimyasal saflık, organik madde miktarı
<3 mm	Demir cevheri sinterleme ve peletleme, aşındırma kumu, demir dışı metallerde akışkanlık verici	Kimyasal saflık
<2 mm	Plastik, kauçuk, boya, kağıt, cam macunlarında dolgu maddesi	Kimyasal saflık, beyazlık, ışığı kırma, mürekkep ve boya emme derecesi, pH değeri, kırma öğütme sertliği
<2 mm	Asfalt dolgusu	Çok ince ve kolay öğütülebilme
<2 mm	Hafif aşındırıcı	Beyaz ve çok açık renk, düşük SiO2 oranı
<0,2 mm	Perdahlayıcı, parlatıcı, sırlama, haşere ilacı	Kimyasal saflık, açık renk, organik madde miktarı
<0,1 mm	Fabrika bacalarındaki gazların desülfürizasyonu	Kimyasal saflık, yüzey alanı, mikro gözenek
Değişik	Hacim dolgusu	Kullanım amacına bağlı

3.2.1. İnşaat ve Yapı

Pek çok ülkede ve ülkemizde kireçtaşlarının temel olarak kullanımının talep edildiği alan %40 ila %70 arasında değişen oranlarıyla inşaat ve yapı sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Kireçtaşı bu sektörde başlıca beton santrallerini beslemek için üretilen betonun karışımında ve yol yapımında dolgu maddesi veya asfalt plentlerini beslemek için üretilen asfaltta kullanılmaktadır. Daha ince boyutlarda bulunan (0,075 mm-5 mm) bazı kireçtaşları (kalker) ise, beton ve inşaat için harç yapımında dolgu niteliğinde karışıma girmektedir. C16/20 basınç dayanımına sahip üretilmek istenilen bir betonun üretimi esnasında karışımda kullanılacak olan girdi miktarları ve türleri şunlardır; agrega 1850 kg, çimento 300 kg, kimyasal katkı 3 kg, mineral katkı 50 kg olacak şekildedir (DPT 2008).

Toplam üretilen agreganın tüketiminde en önemli role sahip olan hazır beton üretim sektörü verileri göz önüne alındığında, Türkiye'nin 2016 yılında gerçekleşmiş olduğu 109 milyon m^3'lük yıllık agrega üretiminin büyük oranda bu sektörde kullanılması ülkemizi agrega üretimi konusunda Avrupa ülkeleri arasında birinci; Dünyada ise Çin ve ABD'den sonra üçüncü ülke olmasına katkı sağlamıştır (DPT, 2018).

İnsanların gereksinimleri için yapılan; bina, yol, metro, köprü vb. inşaat çalışmaları için öncelikli olarak istenen en önemli durum kullanılan yapı malzemesinin güvenilir olması ve ekonomik olmasıdır. Bunun sonucu olarak kireçtaşları yapı sektörünün vaz geçilemez bir hammaddesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Nüfus artışı ile birlikte yapı sektöründe de (Bina, yol, köprü, raylı sistemler v.b.) çalışmalarda yoğunlaşmış ve dolayısıyla hammadde talepleri artmıştır.

İnşaat sektöründe kireçtaşı başlıca çimento hammaddesi olarak, yapıların imalinde beton harcı katkı malzemesi olarak, kireç ve sönmüş kireç bağlayıcı madde olarak harç yapımında ve seramik yapımında, yol yapımı için temel stabilizasyonu, dolgu ve asfaltlama işlemleri için ayrıca raylı sistemlerin yapımında ray yatağında ki balast malzemesi olarak kullanımı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da yapı inşa edilecek arazinin düzeltilmesi ve stabilizasyonu için kullanıldığı yaygın olarak görülmektedir (Yakut, 2001).

Beton Agregası, Yol Agregası ve Demiryolu Balast Agregası Olarak Kullanım

Beton ve asfaltın üretimi esnasında gerekli olan kum, çakıl, gibi kırma taş malzemelerine genel olarak agrega denilmektedir. İnce agrega ve kaba agrega (mıcır, kırma taş, çakıl) olarak iki sınıfta değerlendirilmektedir. Beton içerisinde miktarsal olarak en az %70 ila %80 oranında, aşınma asfalt içinde en az %95 binder asfalt için ise en az %96 civarında agrega bulunmakta olup, yapı sektöründe vazgeçilmez bir hammaddedir. Agrega içerisindeki safsızlıklar betonun ve asfaltın kalitesini direkt etkilemektedir. Ülkemizin deprem kuşağında olduğu göz önüne alındığında yapılarda kullanılan beton kalitesi, dolayısı ile agrega kalitesinin önemi su götürmez bir gerçektir.

Agreganın kullanım alanları; çevre ve transit ulaşım yapıları olan boğaz köprüleri, otoyollar, tüneller v.b. yapıları; kent içi toplu ulaşım için yapılmış olan yapılardan yollar, tüneller, raylı taşıma sistemleri gibi yapılar, deniz ulaşımı için yapılmış olan liman iskele mendirek gibi yapılar, hava yolu

ulaşımın için yapılmış olan hava limanları, altyapı çalışmalarında dolgu malzemesi olarak (içme suyu hatları, kanalizasyon hatları, arıtma tesisleri, enerji nakil hatları gibi), organize sanayi ve ticaret siteleri, yönetim ve kamunun hizmet tesisleri, konutlar, eğitim tesisleri, sağlık tesisleri, turizm tesisleri; İnanç ve kültür-sanat tesisleri (cami, kongre merkezleri-konser binaları), spor tesisleri, çevre koruma ve düzenleme (mesire alanları) gibi çok sayıda kullanım alanı mevcuttur (DPT, 2018).

Yol yapımı esnasında yapım aşamaları olarak sağlamlaştırılmış tabi zeminin üzerine farklı ebatlarda agrega kullanıldığı görülmektedir. Sağlamlaştırılmış tabi zemin üzerine serilen agrega (alt tabaka)yolun ana yük taşıyıcısı ve donmaya karşı koruyucu tabaka olarak kullanılırken bitümle sertleştirilen üst ve orta tabakalar (aşınma, binder ve bitümlü temel), yükü alt kısımlara iletmekte ve sürüş konforunu arttırmak için kullanılır. Yol inşaatında kullanılacak kireçtaşında kil, şist, organik madde gibi oluşumlar istenmemektedir.

Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanımı

Doğal yapı taşı olarak kullanılması düşünülen kireçtaşlarında; belirli boyutlarda üretildikten sonra yapılan projenin talebine bağlı olarak direkt veya bir dizi işlemden geçirilmesi sonucu kullanılabilmektedir. Blok boyutlarında üretilen kayaçlar bir metreden birkaç metreye kadar değişen boyutlarda bulunabilmektedirler. İşlenerek kullanılması düşünülen kayaçlar başta mermer sektörü olup bunun dışındaki doğal kullanımında ise baraj gövdelerinde, liman dolgusu ve dalgakıran ve mendirek yapımında, yol yapımı esnasında şev durabilitesini sağlamak amacı ile duvar yapımında, kullanımını görmekteyiz (Sevdinli, 2005).

Doğal taşlar, doğadan çıkarılarak işlenmesinden sonra kullanılmakta olan en eski inşaat malzemesi olarak bilinmektedir. İnsanlık tarihi boyunca yapılan yapılarda, anıtlarda, sanat eserlerinde güzelliği ve dayanıklılığı nedeniyle kullanılmıştır. Zamanla kullanımı alanı çoğalan ve çeşitlilikleri artan doğal taşlar günümüzde öncelikli olarak dış duvar kaplama döşeme malzemesi ve mezar taşı ve heykel yapımında kullanılmaktadır.

Doğal taşların dışarıdan gelecek olan fiziksel etkilere karşı dayanım göstermesi bu taşların kullanım alanlarının değerlendirilmesi dışında, fabrika ve ocaklarındaki üretim miktarını arttırmak üzerinde de oldukça önemlidir. Doğal yapı taşlarının dayanımını ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TSE'nin belirlemiş olduğu bir dizi laboratuvar deneyi bulunmaktadır. Çizelge 3.5'de verilmiş olan doğal yapı taşlarının kullanımı için istenen sınır değerler olan fiziksel ve mekanik özellikler verilmiştir.

Çimento

Çimento üretmek için kullanımı söz konusu olan hammaddeler hem doğal kaynaklı hem de endüstriyel ürünler vasıtasıyla üretilebilen maddelerdir. Genel anlamda çimento hammaddeleri olarak; kalker, marn, kil ve killi kalker, olarak değerlendirilmektedir. Üretilen çimentonun kimyasal bileşimine bağlı olarak oranlanıp harmanlanmaktadırlar. Çimento üretimi için ihtiyaç duyulan ve temel olarak baz

alınan kalsiyum ve silisyum olup bunun yanında alüminyum oksit ile demir oksit ısı ekonomisinin sağlanması adında maliyetleri düşürmek amacıyla karışım içerisine dahil olmaktadır.

Çizelge 3.5. Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilmesi İçin Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri

Fiziksel Özellikler	Sınır Değer	Mekanik Özellikler	Sınır Değer
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	>2,55	Tek eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	>500
Ağırlıkça Su Emme (%)	<1,80	Eğilme Direnci (kg/cm^2)	>50
Porozite (%)	<2	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm^3 /50cm^2)	<15
Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	<5	Darbe Direnci (Kgf.cm/cm^3)	>6

Çimento hammaddesinin karışımında kirecin miktarsal olarak bulunuşu %76 ile %80 oranları arasındadır.

Karışım için bir diğer önemli bileşen olarak karşımıza killer çıkmaktadır. İçerisinde bol miktarda silis bulunduran başta saf kil olmak üzere şeyl, silt taşı, kum ve marn gibi materyaller de karışım içerisinde kil olarak değerlendirilmektedir.

Tüm bu işlemler dışında üretim sürecine dâhil olarak değişen oranlarda karışıma eşlik eden demir cevheri, boksit, silis kumu vb. Fe_2O_3, SiO_2 ya da Al_2O_3 içerikli bazı yardımcı maddeler üretilecek olan çimentonun kimyasal bileşimini düzeltici nitelikte bileşime dâhil olmaktadır.

Çimento üretim sürecinde hammaddelerin ocakta üretildikten sonra öğütülmesi sonrasında belirli oranlarda karıştırılıp harmanlanması ve 1450°C'de fırınlanması sonucu maddelerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Fırın besleme veya farin olarak adlandırılan bu ham karışım 1450°C, nihai sonuç olarak değerlendirilen çimentonun yarı oluşmuş maddesi olan klinkerin ortaya çıktığı sıcaklık olarak değerlendirilmektedir. Klinkerin alçıtaşı ile öğütülmesin işleminden sonra ana mamul olarak değerlendirilen çimento meydana gelmektedir.

Fırın besleme veya farinin olarak isimlendirilen ham karışımın kimyasal bileşiminde bulunan dört temel oksidin birleşmesi ile klinker fazı oluşmaktadır. Çimentonun bileşimi, klinker için belirlenen en uygun hedefler doğrultusunda bileşime girmiş olan belirtilen maddelerin oransal dizayn sonucu ortaya çıkmaktadır. Dizayn oluşturulurken göz önüne alınan üç temel modül ve bazı kritik yüzdesel oranlar temel alınarak süreç tamamlanmaktadır (DPT, 2014).

2021 yılı itibarıyla ülkemizde çimento üretim tesisi açısından 56 entegre tesis ve 21 öğütme tesisi bulunmaktadır. Sektörel bazda 2018 ile 2020 yılları arasında yaşadığı ekonomik olumsuzluklar ile 2020 yılında başlayan Covid-19 pandemisi neticesinde taleplerin karşılanmasında sıkıntı yaşanmış, uygun piyasa koşullarının yaratılması neticesinde 2020 yılı ikinci yarısı hem de 2021 yılı itibari ile sektörel anlamda büyümesine katkı sağlamıştır, 2020 yılında 59,2 milyon ton olarak gerçekleşen ülke

içi tüketimi, 2021 yılında %5,9 büyüme gerçekleştirerek 82,7 milyon tona çıkmıştır. 2021 yılı itibari ile sektör %12,7 oranında dış ticaretini artırarak 1,25 milyar dolara ulaşmıştır. Çizelge 3.6'da Türk çimento sektörünün yıllara göre üretim ve tüketim miktarları verilmiştir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Çimento Sektör Raporu, 2021).

Çizelge 3.6. Türk Çimento Sektörünün Yıllara Göre Üretim ve Tüketim Miktarları

Yıllar	Üretim (milyon ton)	Tüketim (milyon ton)
2000	35,95	31,51
2001	29,96	25,08
2002	32,76	26,81
2003	35,10	28,11
2004	38,80	30,67
2005	42,79	35,08
2006	47,40	41,61
2007	49,26	42,46
2008	51,43	40,57
2009	53,97	39,96
2010	62,74	47,72
2011	63,40	52,25
2012	63,88	53,93
2013	71,34	60,94
2014	71,24	63,18
2015	71,42	63,70
2016	75,40	66,80
2017	80,55	72,23
2018	72,54	64,36
2019	56,97	45,41
2020	72,30	59,20
2021	78,90	82,7

3.2.2. Kireç Üretimi

2019 yılı verilerine göre Türkiye'de yaklaşık 5 milyon ton kireç üretilmiş olup sönmemiş kirecin üretimi için kullanılan olan kireçtaşı miktarı yaklaşık yıllık 15 milyon ton'dur.

Endüstriyel hammaddeler olarak düşünüldüğünde kireç kullanım miktarlarına göre 5. sırada olup, kullanımı en yoğun olan maddelerden birdir (Çiçek, 1999).

Kireç bakıldığında işin en temelinde kireçtaşının ($CaCO_3$ – $CaMg(CO_3)_2$) 800 °C üzerinde kalsine edilmesi sonucunda üretilen bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Kireç ve türevleri çelik rafinerilerinde eritilen, inşaat ve yapı sektöründe bağlayıcı, su arıtımında ise yabancı maddeleri çökelten unsur olarak kullanılmaktadır. Kireç aynı zamanda, endüstriyel atıklarda ve yanma sonucu ortaya çıkan gazlarda yer alan asidik bileşenlerin etkisizleştirilmesinde de kullanılabilmektedir. Kireç, birçok

endüstri ve tarım kolunun farklı sektörlerinde kullanılmakta olup büyük ölçüde enerji kullanımı olan yoğun bir sanayi dalıdır. Kireç üretim işlemi; kalsiyum ve/veya magnezyum karbonatların, karbon dioksitin serbest kalması için yeterli sıcaklık olan 900 ile 1200 °C arasında bir ısıda yakılması ve $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ reaksiyonu gereği ortaya çıkan kalsiyum oksidin alınmasından oluşur (Boynton 1980; Ç.Ş.B Kireç Üretimi Sektörel Uygulama Klavuzu, 2020).

Kireç üretiminde için kullanılması düşünülen dolomit ve kireçtaşının çok saf (Demir ve kil gibi ikincil safszılıkların olmadığı) ve yüksek dayanımda olması gerekmektedir. Örnek verilmesi gerekirse kullanılan kireçtaşındaki kil oranının %5'i geçmesi durumunda kirecin dayanımını düşürerek rengi olumsuz olarak etkilenmektedir.

3.2.3. Metalürji

Demir-çelik üretim tesislerinde ve demirin dışında kalan diğer metallerin (Alüminyum vb.) üretimi için kireç ve kireçtaşı kullanılmaktadır.

Demir-çelik üretim tesislerinde kireçtaşı demir cevherinin hazırlanması esnasında ve pik demirin üretiminde kullanılmaktadır. Kömür tozu ile birlikte cevher içerisine %10 ile %12 oranında karıştırılan öğütülmüş kireçtaşının ($CaCO_3$) 1200 ºC ile 1400 ºC arasındaki sinterlenme sıcaklıklarında kalsine olarak cevherdeki silisyum ve alüminyumla reaksiyona girmesini sağlamaktadır. Bu sistem kalsiyum silikat-aliminyumferriti oluşturmaktadır. Bahsedilen bu bileşik, demir cevherinin ince taneciklerini birbirine bağlayarak belirli sertliğin demire kazandırılması amaçlanmaktadır. Pik demirin üretimi için de kireçtaşı kullanılmakta olup sıvı demirin aglomere edilmesinden sonra yüksek fırınların yardımı ile cevherin kokla indirgenmesi ile tepkimesi sağlanır ve bu yolla ile elde edilmektedir.

Yüksek fırınlarda demir cevherinin indirgenmesi esnasında demir cevheri veya kok kömürünün yol açtığı kirleticileri (kükürt, silisyum, alüminyum, mangan v.b.) ortadan kaldırmak adına da kireçtaşı kullanılmaktadır. Yüksek fırında kullanılması düşünülen kireçtaşları, yüksek oranda kalsiyum ve magnezyum karbonata düşük oranda da silis, kükürt ve fosfora sahip olması istenmektedir. ($CaCO_3$+$MgCO_3$ min %97, S min %0,10 ve P min %0,02). Ayrıca yüksek fırının ısıl ve mekanik şartlarına dayanım göstermesi gerekmektedir.

Kireçtaşı; kurşun, bakır, çinko ve antimon gibi istenmeyen cevherlerin temizlenmesi esnasında da safsızlık cüruflaştırıcısı olarak geniş çapta kullanımı bulunmaktadır. Alüminyum üretimi esnasında kireçtaşı kullanımı silisyumu bünyeden uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Özellikle, demir-çelik sanayinde demiri saflaştırma işlemi esnasında cüruflaştırıcı olarak kullanılan kireçtaşının kullanımı oldukça yaygındır.

Ülkemizde 2020 yılında toplam 35,8 milyon ton ham çelik üretilmiş olup bu amaçla tüketilmekte olan senelik kireçtaşı miktarı yaklaşık 18 milyon ton dolaylarındadır.

3.2.4. Cam Endüstrisi

Cam endüstrisinin istediği kireçtaşı hem kalsiyumca zengin içerikli olan kalker, hem de düşük demir içerikli dolomitik kireçtaşlarıdır. Kalsiyumca zengin içerikli kireçtaşlarından olan kalkerler ile şişe ve pencere camı imal edilir. Magnezyumca zengin olan kireçtaşı dolomit ile ise saf halde iken renksiz olup genellikle pembe, kirli beyaz, bazen de kahverengi ve siyah renklerinde bulunmaktadır. Ticari değere sahip olduğu kabul gören dolomitler 1925-2495 ^{o}C'de erimektedir. Cam kapların ve bardakların üretimi için bu kireçtaşı daha çok tercih edilmekte olup çeşitli ısısal şoklara karşın camı dirençli hale getirmesi ve kimyasalların renksizleştirme etkilerine karşı tercih edilmesi, dolomitik kireçtaşlarının temel nedenidir. Bu alanda kullanılması düşünülen kireçtaşları için %98,5 $(Ca,Mg)CO_3$, %0,2 Fe_2O_3, %1 kuvars ve %0,3 organik materyal içermesi istenilmektedir. Kullanılacak olan hammaddelerdeki demir oranının olabildiğince düşük oranda olması istenmektedir (Temur, 2001).

3.2.5. Seramik Endüstrisi

Seramik yapımında kalker 40-100 mikron boyutlarında öğütülmesinden sonra seramik hamurunun içine dâhil edilmektedir. Kireçtaşının seramik içerisindeki görevi, malzemenin mekanik direncini sağlayan gelignit ve anortit minerallerinin geliştirilmesidir. Seramik sektöründe kireçtaşının kullanımı yapı sektörünün hızlanması ile birlikte hızlı bir artış göstermektedir. ,

3.2.6. Çevre

Kireçtaşı, içme suyunun ve atık suların arıtılması için kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra termik santrallerde ki yanma işlemi sonucu ortaya çıkan zararlı baca gazlarının arıtımı işlemi için önem arz etmektedir. Granül yapıda olan (0,71–1,25 mm/1,6–2,8 mm) kireçtaşı, içme suyunun filtrelemesi amacı ile kullanılmaktadır. Filtreleme işlemi esnasında bazik yapıda olan kireçtaşı, asidik olan bu suları nötralize etmektedir. Bunun yanı sıra 40–60 mm tane büyüklüğü ebatlarına getirilmiş olan kireçtaşları ise atık su (kanalizasyon) arıtma tesislerinde bakterilerin giderilmesi amacı ile de kullanılabilmektedir. Dolomitik olmayan kireçtaşı, asidin nötralize edilmesinde (etkisizleştirmesinde) kullanılan ve maliyet kriteri açısından en verimli kimyasaldır.

Enerji üretiminde nükleer enerji santralleri dışında ve dünya'da genel eğilim olan yenilenebilir enerji dışında, doğal gaz ve fuel-oil gibi daha kısıtlı ve üretimi zor olan kaynaklar yerine kömürün daha efektif kullanımı ile bu kaynakların başka alanlarda tüketimi sağlanmaktadır. Bu sebeple taşkömürü ve linyit kullanılarak enerji üretimi yapan termik santrallerde başlıca sorun bu yakıtların ihtiva ettiği kükürdün yanması esnasında baca gazından çıkarak çevreye yayılan ve çevreyi olumsuz yönde etkileyen (hava kirliliği, asit yağmurları, tarımsal verimliliğin azalması v.b.) SO_2/SO_3gazlarının oluşumudur. Bu durumda çevre kirliliğinin önüne geçebilmek adına linyitlerin yanması esnasında akışkan yatakta kireçtaşı ilavesi sonucunda kontrollü bir şekilde yakılması yaygın olarak kullanılabilen ve etkili olan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojisel anlamda akışkan yatak yakma fırını teknolojisine sahip termik santrallerde, fırında uygulanmakta olan sıcaklık ve yanma sonucu oluşan gazların içeriğinde bulunan SO_2'nin kireçtaşı vasıtası ile uzaklaştırılması mümkündür. Kazanda yanma sonucunda kireçtaşı uygulaması işlemiyle oluşan reaksiyondan meydana gelen alçı taşı ve tepkimeye girmemiş olan kireçtaşı, yatak külüyle birlikte yataktan ve uçucu külle birlikte torba filtre yardımıyla ESP'den uzaklaştırılır. Üretilen alçı taşı, alçıpan sanayiinde kullanılarak ekonomiye dönüşü sağlanmaktadır (Ç.Ş.B. Sektörel Atık Klavuzları Termik Santraller, 2016).

Baca gazlarının arıtımı amacı ile kullanılmak istenen kireçtaşının arıtma işlemini verimli olarak yapabilmesi adına yüksek kalitede olması istenmektedir. Çizelge 3.7'da baca gazı arıtımı amacı ile kullanılmak istenen kireçtaşlarının özellikleri verilmektedir.

Çizelge 3.7. Baca gazlarının arıtımında kullanılacak kireçtaşlarında istenilen özellikler

Saflık	%95-97 $CaCO_3$
Reaktivite	Yüksek
İncelik	90% <0,074 mm
Gözeneklilik	Yüksek
SiO_2	En az %1
Beyazlık	Alçı yapımı için önemli olup Fe ve C beyazlığı azaltır.
$MgCO_3$	En az %2
Al+Florürler	Mümkün olduğunca az miktarlarda

3.2.7. Kâğıt Sanayi

Kâğıt üretimi için kullanılacak olan kireçtaşlarında yüksek saflıkta aranmaktadır. $CaCO_3$ içeriği açısından yüksek oranlardaki (≥%95) kireçtaşları bu alanda tercih edilmektedir. Prensipte kalsine edilmiş olan kireçtaşının tekrardan karbonizasyon işlemi sonucunda kalsiyum karbonat üretimi sağlanmaktadır. Ayrıca kâğıdın kuşeleşmesi işlemi için de kireçtaşı kullanılmaktadır. Kâğıdın baskı mürekkebini absorbe edebilmesi adına gerekli oranın arttırılmasında ve kâğıdın renk ve parlaklığının ayarlanabilmesi için de kireçtaşları kullanılmaktadır.

Kâğıt üretim sanayisinin istediği kireçtaşları için yoğunluk değeri 2,5 g/cm^3den fazla olan ve Mg değeri en fazla %3 olan yüksek saflıktaki kireçtaşlarının kullanılması istenmektedir (Yakut, 2001).

3.2.8. Boya Sanayi

Kireçtaşlarının boya sanayinde kullanımı polimerlerin çözülmesini azaltmakta ve homojen dağılımını arttırmaktadır. Renk pigmentlerinin yüzmesinin önüne geçmekte ve boyanın örtücülüğünü arttırmaktadır. Boya üretim endüstrisi için kullanımı düşünülen kireçtaşlarının beyazlık oranının %95'ten fazla olması istenmektedir (Yakut, 2001).

3.2.9. Şeker Sanayi

Kireçtaşı, şeker üretim sürecindeki yardımcı ham maddelerden biridir olup şekerin fabrikada üretimi esnasında ham şerbetin arıtmak amacı ile kireç sütü halinde kullanılmaktadır. Kireçtaşından elde edilen kireç sütü sönmemiş kirecin (CaO) sönmesi ile hazırlanır ve ham şerbet arıtım istasyonunda kireç sütüyle [$Ca(OH)_2$] arıtılmaktadır.

Bu alanda kullanılması düşünülen kireçtaşlarında Si ve Mg oranının düşük olması beklenmektedir. Özellikle Fe_2O_3 oranının %1'den az olması istenilen özelliklerden biridir. $CaCO_3$ olarak saf olması istenilen kireçtaşının oran olarak %95'ten fazla $CaCO_3$ içermesi beklenmektedir (Temur, 2001).

3.2.10. Tarım

Kireçtaşları tarım endüstrisinde özellikle bitkilerin gelişimi için gübre yapımında ve toprağın ıslahından nem ve Ph değerini ayarlanması adına kalker ile dolomitten faydalanılmaktadır. Ayrıca suni gübre ve hayvan yemi üretimi alanlarında kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılması düşünülen kireçtaşları öğütülüp daha ince taneler haline getirilmeli ve olabildiğince yüksek $CaCO_3$ oranına sahip olmak şartı ile kireçtaşı ve dolomit kullanılabilmektedir.

3.2.11. Kimya Sanayi

Sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) tuzu kimya sanayisinde kullanılmaktadır. Soda üretimi kireçtaşının en yoğun kullanıldığı alan olarak değerlendirilmektedir. İngiliz tuzu üretimi ($MgSO_4$) ve Dolomitten Mg'nin üretilmesi ile çeşitli tuzların üretilmesi adına kireçtaşından faydalana bilinmektedir.

3.2.12. İlaç Sanayi

İlaç üretiminde ilaçların dolgu maddesi olarak kireçtaşlarının kullanılmaktadır. Bitki koruma ve biyolojik mücadele alanında kullanılacak olan ürünler yumuşak ve beyaz formda olmalıdır. Fe_2O_3 yüzdece %0,1'in altında, SiO_2 ise yüzdece %0,5'ten az olması bu alanda kullanılacak olan kireçtaşlarında istenilmektedir (Yakut, 2001).

3.2.13. Kömür Ocaklarında Kullanımı

Yer altı kömürü işletmelerinde kömürün üretimi esnasında ortaya çıkan kömür tozlarının patlama tehlikesinin önüne geçebilmek için kömür tozlarına %35 oranında kireçtaşı karıştırılması sonucu patlama riski giderilmektedir. Çok ince boyutlarda öğütülerek pulvarize hale getirilmiş olan kireçtaşları püskürtme yöntemi ile galeri içerisindeki tüm ocağın tavan, duvar ve zeminlerine püskürtülmesi yöntemi ile uygulanmaktadır (Yakut, 2001).

3.2.14. Maden Zenginleştirmede Kullanımı

Bakır, Kurşun, Çinko gibi cevherlerin flotasyon işlemi sırasında Ph ayarlayıcısı ve bünyesinde prit olan cevherlerde prit bastırıcı olarak kullanılmaktadır. Sönmüş toz kirecin demir cevheri konsantrelerinin peletlenmesi işleminde bağlayıcı madde olarak ve kendinden cüruflu (self- fluxed) pelet üretimi için de kireçtaşının kullanımı bulunmaktadır.

3.2.15. Diğer Endüstriyel Kullanım Alanları

Lastik-plastik- kauçuk sanayisi ve diğer sanayi oluşumlarında da kullanımı olan kireçtaşının bu sektörlerdeki kullanılan kireçtaşı miktarının yılda yaklaşık 1,4 milyon ton civarında olduğu karşımıza çıkmaktadır (DPT, 2001).

3.3. Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli

3213 Sayılı Maden Kanunu'na göre II. Grup madenler gurubunda değerlendirilmekte olan kireçtaşı; mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlardır. Ülkemizde kireçtaşı potansiyeli oldukça yüksek olup kalker oluşumlarına göre coğrafi bölgelere dağılımı Çizelge 3.8'de verilmiştir.

İMİB (İstanbul Maden İhracatçıları Birliği) 2019 verilerine göre doğal taş ihracatı Çizelge 3.9'da verilmiştir. MAPEG verilerine göre yıllara göre kalker üretimi Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.8. Türkiye'deki Coğrafi Bölgelere Göre Kalker Oluşumlarının Dağılımı (DPT 2001).

Bölge	Rezerv (Milyon Ton)		
	Görünür	Muhtemel+ Mümkün	Potansiyel
Marmara	217	1.008	2.120
Akdeniz	323	1.335	7.810
Doğu Anadolu	383	1.180	2.710
Güney Doğu Anadolu	147	5.30	910
Karadeniz	260	1.405	3.940
Ege	395	2.200	16.860
İç Anadolu	606	2.112	5.135

Çizelge 3.9. Türkiye Doğal Taş İhracatı (İMİB, 2020).

İhracat (X1000 $)	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Doğal Taş	1736,31	1.051.739	1.908.075	2.047.554	1.805.525	1.892.152	2.107.132	2.222.387

Çizelge 3.10. Kalker Üretim Miktarları (MAPEG, 2022).

Yıllar	Ton
2022	454.462.331,86
2021	453.916.779,11
2020	384.649.122,17
2019	342.111.703
2018	557.028.859
2017	478.729.678
2016	459.247.422
2015	407.702.391
2014	382.403.768
2013	392.352.389
2012	365.348.082
2011	345.014.384

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Çalışma için tespit edilen alan Adana il merkezinin kuzeyinde kuş uçuşu olarak yaklaşık 160 km uzaklıkta Tufanbeyli ilçe merkezinin güney doğusunda ve kuş uçuşu olarak 16 km mesafede 1/25000 ölçekli topoğrafik haritada Adana L36c2 paftasında yer almaktadır. Fatmakuyu mahallesine en yakın iller olan Kayseri ilinin güney doğusunda ve kuş uçuşu 98 km mesafede Kahramanmaraş ilinin ise kuzeyinde ve 82 km kuş uçuşu mesafede bulunmaktadır (Şekil 4.1).

Kireçtaşı üretim süreci, yüzey tabakası iş makineleri yardımı ile üst örtü tabakası temizlenerek organik tabaka kireçtaşından uzaklaştırılmaktadır. Üzeri temizlenmiş alanda ekskavatörler yardımı ile malzeme sökülerek malzemenin blok vermemesi sebebi ile herhangi bir ikincil bir kırma ve eleme işlemine tabi tutulmadan kamyonlara yüklenip nakledilir veya sökülen malzemeler Loder vasıtası ile daha sonra kamyonlara yüklenmek için stok yapılmak sureti ile üretim işlemi tamamlanmaktadır (Şekil 4.2-4.4).

Yapılacak olan tez çalışmasında kullanılmak üzere yol yapımı için stok yapılmış malzemeden standartlara uygun olarak kireçtaşı örnekleri alınmış ve kireçtaşlarının fiziksel, mekanik, kimyasal ve petrografik niteliğini tespit etmek adına örnekler hazırlanmıştır.

İnceleme alanı Kambriyen, Ordovisiyen, Silüriyen, Devoniyen, Karbonifer (Alt), Permiyen, Tiriyas, Jura (Dogger, Malm), Kretase ve Tersiyer (Eosen, Piryo Kuvaterner sistemlerini temsil eden kaya stratigrafi birimlerini kapsamaktadır.

Alanın en genç formasyonu Köroğlutepesi, Yığıltepe Formasyonunun üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Üst dokanağında yine uyumsuz olarak Geç Miyosen yaşlı çökellerle (Sümbüldağ Formasyonu) üzerlenir. Kalın bir karbonat istifi ile temsil edilir. Tabanda fosilsiz, dolomitik bir seviye ile başlar Kireçtaşı ve dolomit-kireçtaşı ardalanmasıyla devam eden birim, genel olarak gri, siyah renkli, eklemli, orta-kalın tabakalıdır. Oolitik kireçtaşı seviyeleri de kapsar. Katarası formasyonu ve daha yaşlı formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Litolojik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, çökelme ortamı, şelf tipi sığ deniz karakteri göstermektedir Jura-Kretase yaşındadır (Yılmaz, 2004).

Bölgedeki Tepe olarak nitelendirilebilen alanlarında özellikle de havzanın kuzey kenarında bulunan tabanında yaygın olarak bulunduğunu görülmektedir. Bu alanlardan Köroğlu kireçtaşlarından meydana gelen Gümülek tepe aslında sahada bir senklinale karşılık gelmesine rağmen çevresindeki aşınımın daha fazla olması nedeniyle tünemiş bir senklinal gibi yüksekte kalmıştır. Sarız Çayının batı kısmında bulunan Kızıldağ tepesinin oluşumunda rol alan Köroğlu kireçtaşı ile karşılıklı olan konumları sayesinde aşındırılmış bir antiklinal sahasını oluşturmaktadır. Kürebeli ve dolaylarında bulunan tepeler ise birer kuesta özelliğindedirler. Havzanın tabanından dağlık alanlara doğru geçiş yapan ve pek çok yerde tepelik alanlar vasıtasıyla gerçekleşmesi nedeni ile bu özellikteki şekillere havza kenarının değişik kesimlerinde de görülebilmektedir. Çizelge 4.5'de Tufanbeyli Havzası ve Yakın Çevresinin Jeoloji–Litoloji Haritası verilmiştir (Ege, 2001; Coğrafi Bilimler Dergisi, 2003).



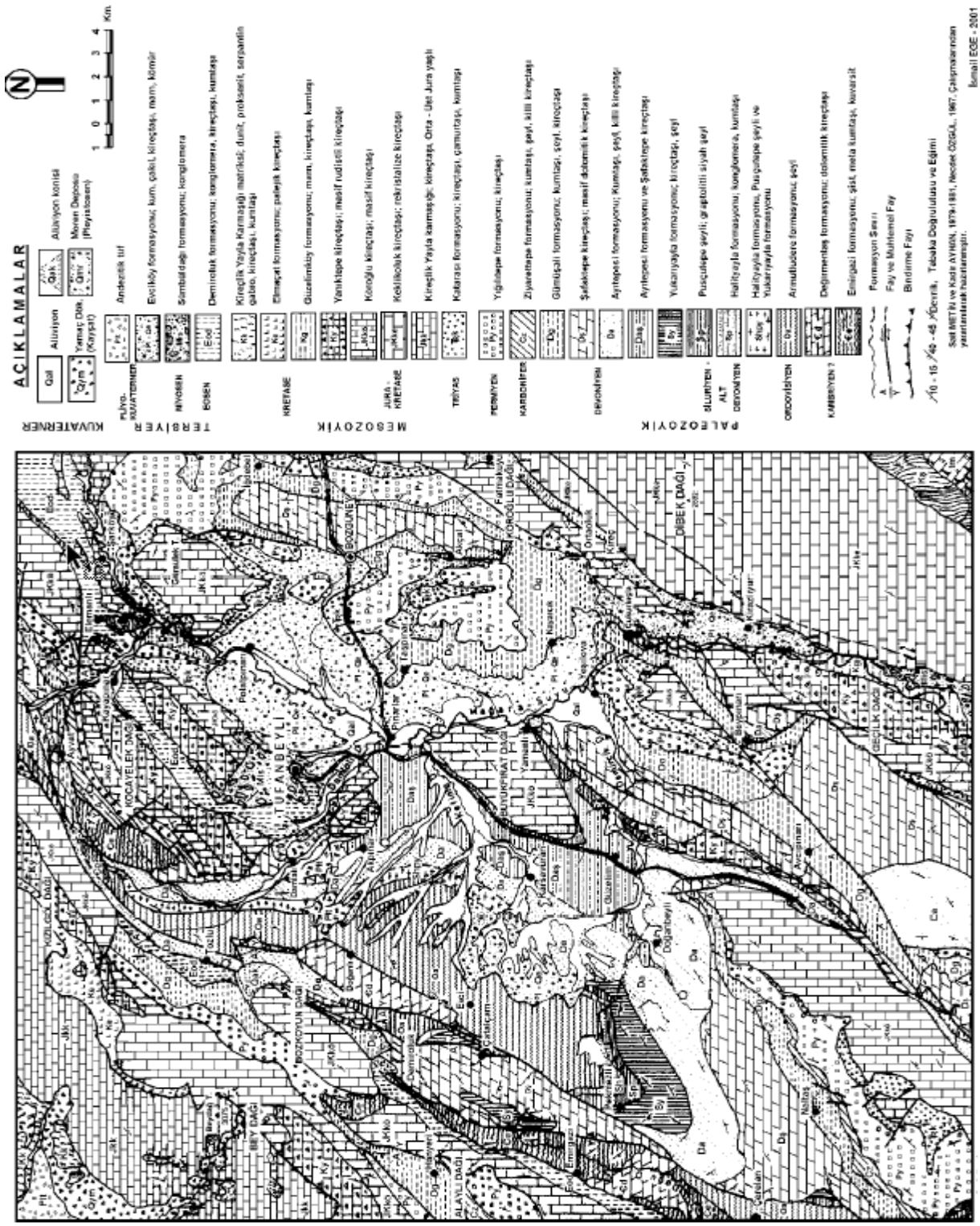
Şekil 4.1. Fatmakuyu Ocağı Çevresi Uydu Görüntüsü


Şekil 4.2. Üretim Yapılmış Kısım



Şekil 4.3. Stok Sahası


Şekil 4.4. Ocaktan Genel Görünüm



Şekil 4.5. Tufanbeyli Havzası ve Yakın Çevresinin Jeoloji–Litoloji Haritası (Ege, 2001)

4.2. Metod

2021 yılı ve 2022 yılı yaz dönemlerinde yapılan arazi çalışmalarında, bölge kireçtaşlarının fiziksel, kimyasal, geometrik ve petrografik niteliklerin belirlenmesi için örnekler tedarik edilmiştir. Tufanbeyli Fatmakuyu bölgesinden sahayı temsil eden örnekler alınmak suretiyle, Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm laboratuvarlarında, SNH inşaat, Trend İnşaat ve HEM Grup

Asfalt laboratuvarlarında, gerekli özelliklerin belirlemesi amacı ile deneylere tabi tutulmuştur. Laboratuvar şartlarında standartlara uygun olarak gerçekleştirilen ve deneyler standartlarına uygun tane boyutlarında hazırlanmış örnekler üzerinden kullanılan malzemenin özellikleri tayin edilmiştir. Kullanılan normlara göre deneylerden elde edilen bulgular ilgili şartnameleri sağlayıp sağlamadığı kireçtaşlarının kullanım alanları değerlendirilmiştir.

Çalışmanın yapıldığı alanda üretilen malzemeler genellikle yol yapım aşamalarında kullanıldığından öncelikle Karayolu Teknik Şartnamesi (2013)'ne göre ve TS EN 13043 (2004) standartlarına göre değerlendirilmiştir. Ayrıca bölgede yapılacak olan inşaat faaliyetlerine destek için ikincil olarak yapı imalatlarında kullanılacağı düşünüldüğünden TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton Agregaları standartları altında değerlendirilmiştir (Karayolu Teknik Şartnamesi 2013; TS EN 13043, 2004; TS 706 EN 12620+A1,2009).

4.2.1. Petrografik Analiz

Kireçtaşı örneğinden kesilen ve yüzey önce 600'lük zımpara tozu ardından 1000'lik zımpara tozu yardımıyla düzeltilerek iyice temizlenip parlatılmış olan cam lama yapıştırılmıştır. Kesilen kireçtaşı örneğinin diğer kısmı, 0,02 mm kalınlık elde edilinceye kadar benzer işlemlerden geçirilerek ince kesitler oluşturulmuş olur. Bu kesitler üzerinde mikroskop yardımı ile paleontolojik incelemeler yapılmaktadır.

4.2.2. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz

Herhangi bir işleme uğramayan numuneler X-ışını tüpünden gelen ışın ile uyarılmakta daha sonra analiz bitince eski haline dönerek herhangi bir değişime uğramamaktadır. Dalga boyu ayırımlı cihazlarda yatay eksen genellikle 2θ cinsinden verilmekte olup, bu değer mono kromatörün kristal açıklığı (tabaklar arası mesafe) bilindiği takdirde kolaylıkla dalga boyuna çevrilebilmektedir (Skoog ve diğ., 1998).

4.2.3. Termogravimetrik Yöntemler (TG)

Termogravimetrik analiz yöntem (TG) kontrol altında olan atmosferdeki numunenin kütlesi, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak artan sıcaklığa (zamanla doğrusal olarak) karşı gösterdiği değişim kaydedilmektedir. Kütlenin veya yüzdece kütlece kaybın zamana karşı göstermiş olduğu termal değişimin eğrisidir. Deney esnasında ortamdaki gaz atmosferini değiştirmek amacı ile isteğe bağlı olarak temin edilen başka gaz süpürme sistemi de bulunabilmektedir. Amaca yönelik olarak azot, kuru hava veya oksijen gazlarının seçimi yapılabilir.

4.2.4. Fiziksel Özellikler

Standartlara uygun sahadan alınan numuneler üzerinde laboratuvarda fiziksel özellikleri belirlemek amacı ile bir takım deneyler belirlenmiştir.

Birim Hacim Ağırlık

Bu deneyin amacı yapı taşlarında oluşan boşluklar ile birlikte birim hacim kütlesi bulunmaktadır. Numunenin hacimi, boyutları hesaplanarak tayin edilmektedir. Birim hacim ağırlığının belirlenmesi Eşitlik 4.1 de verilen formül doğrultusunda hesaplanabilmektedir.

$$d_h = \frac{G_k}{V} \tag{4.1}$$

Burada;

dh = Taşın hacim kütlesi (g/cm3),

Gk= Nihai kütlesine kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g),

V= Deney numunesinin hacmi (cm3),

Su Emme Oranı

Geometrik şekline bakılmaksızın üç adet numune üzerinden bu deney yürütülür. Su emme oranının saptanması için yapılacak olan deney TS EN 1097-6 (2002) standartlarına bağlı kalarak gerçekleştirilir. Eşitlik 4.2. deki hesaplama yöntemi ile numunelerin kütlece su emme oranı hesaplanır. Numunelerin hacimce su emme miktarının hesaplanması ise Eşitlik 4.3' de verilen hesap yardımı ile bulunmaktadır (TS EN 1097-6 2002).

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 \tag{4.2}$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \tag{4.3}$$

S_k= Taşın kütlece su emme oranı (m/m, %),

S_h = Taşın hacimce su emme oranı (v/v, %),

G_d = Taşın doygun haldeki kütlesi (g),

G_k = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g),

G_{ds}= Taşın su içindeki doygun kütlesi (g).

Görünür Porozite

Taşın boşluk oranı yani porozitesi TS EN 993-1 (2020) standartlarına göre yapılan deney sonucuna göre bulunmakta olup Eşitlik 4.4 yardımı ile hesaplanmaktadır (TS EN 993-1 2020).

$$P = \left(1 - \frac{d_h}{d_{ö}}\right) \times 100 \tag{4.4}$$

$$P = (1 - k) \times 100$$

P= Taşın porozitesi (%),

d_h= Taşın hacim kütlesi (g/cm^3),

d_o= Taşın özgül kütlesi (g/cm^3),

k= d_h/d_o (doluluk oranı)'dır.

4.2.5. Geometrik Özellikler

Numunelerin geometrik özelliklerini belirlemek amacı ile yapılan TS EN 932-1 (1997) standardına göre alınmış olan numune ile TS EN 932-2 (1999) standardına göre azaltılarak yeter miktardaki numune üzerinden işlem yapılmaktadır. Deneyin gerçekleştirileceği miktarın belirlemek için Çizelge 4.1'de verilen tablodan faydalanılmaktadır (TS EN 932-1,1997; TS EN 932-2,1999).

Çizelge 4.1. Normal Agregalar İçin Deney Numunelerinin Kütlesi (TS 3530 EN 933-1, 1999)

Agrega Tane Büyüklüğü D (en çok) mm	Deney Kısmının Kütlesi (en az) kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Tane Büyüklüğü Dağılımı (Gradasyon)

İlgili standartlara uygun olarak uygun şartlarda alınan ve azaltılan numune üzerinden Tane büyüklüğü dağılımı deneyi TS 3530 EN 933-1 (1999) standardına göre tane büyüklüğü dağılımı ve çok ince malzeme içeriği hesaplanmaktadır. Eşitlik 4.5' de verilen formül yardımı ile 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ince tanelerin miktarı hesaplanmaktadır. Agregalar kullanılacakları alana ve standartlara göre Agrega tane büyüklükleri kullanıldığı standartlara göre Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'deki değerlerin sağlanması istenilmektedir (TS 3530 EN 933-1 1999).

$$f = 100 \times \frac{(M_1 - M_2 + P)}{M_1} \quad (4.5)$$

M_1: Deney kısmının kuru kütlesi, kg

M_2: 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg

P: Tavadaki malzemenin kütlesi, kg

Çizelge 4.2. Demiryolu Balastları İçin Agregalarda Tane Sınıfı Kategorisi TS 3530 EN 933-1 (1999).

Elek Göz açıklığı (mm)	Demiryolu balastı tane büyüklüğü (31,5 mm-50 mm)			Demiryolu balastı tane büyüklüğü (31,5 mm-63 mm)		
	Elekten Geçen Yüzdece Kütle					
	Tane Sınıfı Kategorisi					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97-100	95-100	97-99	95-99	93-99
50	70-99	70-99	70-99	65-99	55-99	45-70
40	30-65	90-70	25-75	30-65	25-75	15-40
31,5	1-25	1-25	1-25	1-25	1-25	0-7
22,4	0-3	0-3	0-3	0-3	1-3	0-7
31,5-50	≥50	≥50	≥50	-	-	-
31,5-63	-	-	-	≥50	≥50	≥50

Çizelge 4.3. Tane Büyüklüğü Dağılımı İçin Genel Şartlar

TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton Agregalar						
Agrega	Tane Büyüklüğü	Elekten geçen kütlece yüzde				
		2 D	1,4 D	D	d	d/2
İri	D/d≤2 veya D≤11,2	100	98-100	85-99	0-20	0-5
		100	98-100	80-99	0-20	0-5
	D/d>2 ve D>11,2	100	98-100	90-99	0-15	0-5
İnce	D≤ 4mm ve d=0	100	95-100	85-99	-	-
TS EN 13043 (2004) Bitümlü Karışımlarda Kullanılan Agregalar						
Agrega	Tane Büyüklüğü	Elekten Geçen Kütlece Yüzde				
		2 D	1,4 D	D	d	d/2
İri	D>2	100	98-100	90-99	0-10	0-2
		100	98-100	90-99	0-15	0-5
		100	98-100	90-99	0-20	0-5
		100	98-100	85-99	0-15	0-2
		100	98-100	85-99	0-20	0-5
		100	98-100	85-99	0-35	0-5
İnce	D≤2	100	98-100	85-99	-	-
Karışık	D≤ 45mm ve d=0	100	98-100	90-99	-	-
		100	98-100	85-99	-	-

İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi

İlgili standart olan TS EN 13043 yardımı ile agregaların içinde bulunan çok ince malzemenin tespiti için yapılmaktadır. İçeriği %3'ten büyük olmadığı durumlarda daha fazla deney yapılmaz ve sonuç MB cinsinden verilir. Yapılan deney sonucunda çıkan değer %3 ile %10 arasında bulunması durumunda 0/0,125 mm aralığında bulunan ve istenmeyen zararlı ince malzemeler için de aynı deney yapılır ve değer MBf cinsinden belirlenir.

Laboratuvar numuneleri TS EN 932-2 (1999) standardına göre azaltılarak TS EN 933-9 (2001) standardında belirtilen esaslara istinaden deney gerçekleştirilir. 0 ile 2 mm aralığında olan malzemeye tüketilen boyanın beher kg'ı başına gram olarak ifade edilmektedir. Metilen mavisi değeri (MB), Eşitlik 4.6' da verilen şekilde hesaplanmaktadır (TS EN 932-2 1999 ve TS EN 933-9 (2001)).

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10 \tag{4.6}$$

M_1: Deney numunesinin kütlesi, g,

V_1: Eklenen boya çözeltisinin toplam hacmi, M_1'dir.

Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi

TS 3530 EN 933-1 (2012) standardına göre Çizelge 4.4'e uygun olarak deney yapılacak olan miktarın kütlesi hazırlanır. Agrega tanelerinin yassılık endeksi değeri çubuklu eleğin boşluklarından geçen agrega tanelerinin toplam kütlesi deneye tabii tutulan agregaların toplam kuru kütlesinin %'si olarak hesap edilmektedir. 4 mm ile 80 mm arasında değişiklik gösteren her tane büyüklüğündeki bütün taneler tartılmakta ve ayrı ayrı muhafaza edilmektedir. Toplam yassılık endeksi F_I Eşitlik 4.7'de gösterildiği şekilde hesap edilmektedir. Her tane büyüklüğü dağılımının yassılık değeri ($F\dot{I}_i$), istendiğinde, Eşitlik 4.8 yardımı ile hesap yapılmaktadır (TS 9582 EN 933-3, 2012).

$$Fi = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \tag{4.7}$$

M_1: her tane büyüklüğü fraksiyonundaki tanelerin toplam kütlesi, g,

M_2: Her tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıkığıD_i /2 olan çubuklu eleklerden geçen tanelerin toplam kütlesi, g.

$$F\dot{I}_i = \frac{m_i}{R_i} \times 100 \tag{4.8}$$

R_i: Her bir di/Di tane büyüklüğü fraksiyonunun kütlesi, g

m_i: Her tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıklığı D i /2 olan çubuklu eleklerden geçen tanelerinin toplam kütlesi, g

Çizelge 4.4. Silindirik Çubuklu Elekler (TS 9582 EN 933-3, 2012).

d_i/D_i Tane Büyüklüğü Fraksiyonu (mm)	Silindirik Çubuklu Eleklerde Çubuklar Arası Açıklık (mm)
63/80	40±0,3
50/63	31,5±0,3
40/50	25±0,2
31,5/40	20±0,2
25/31,5	16±0,2
20/25	12,5±0,2
16/20	10±0,1
12,5/16	8±0,1
10/12,5	6,3±0,1
8/10	5±0,1
6,3/8	4±0,1
5/6,3	3,15±0,1
4/5	2,5±0,1

4.2.6. Diğer Özelliklerin Tayini

Donma ve Çözülmeye Karşı Direnç Tayini

Agreganın donma-çözülme döngüsüne maruz kalması halinde göstereceği fiziksel olumsuzlukları belirlemek adına yapılan bir deneydir. Yapılan incelemeler sonucunda elde edilen sonuçlar, atmosferik etkilerin agregayı yıpratarak bozulmaya karşı gösterdiği direnç ile ilgili bilgi sağlar.

TS EN 1367-2 (1999) normlarında yapılacak olan deneyde Magnezyum sülfat değerinin (MS) Eşitlik 4.9 yardımı ile hesaplanmaktadır (TS EN 1367-2, 1999).

$$MS = 100 \times \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \tag{4.9}$$

M_1: deney numunesinin ilk kütlesi, ±0,1 g doğrulukla,

M_2: Deneyden sonra 10 mm'lik elekte kalan agreganın nihai kütlesi, ±0,1 g.

Gevşek Yığın Yoğunluğu Tayini

Deney TS EN 1097-3 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmektedir. 63 mm tane ebatlarına kadar olan agrega numunelerine uygulanmaktadır. Gevşek yığının yoğunluğu belirlenirken hacmi bilinen bir ölçü kabı içerisinde sıkıştırılmamış ve kuru olan agreganın tartımı sonucunda çıkan kütlesinin daha önceden bilinmekte olan ölçü kabının hacmine oranı sonucu bulunan değerdir ve Eşitlik 4.10'da verilen Formül yardımı ile hesaplanabilmektedir (TS EN 1097-3 1999).

$$Pb = \frac{(M_2 - M_1)}{V} \quad (4.10)$$

Pb: Gevşek yığın yoğunluğu, megagram/m³

m_2: Deney kabı ve numunesinin kütlesi, kg

m_1: Boş ölçü kabı kütlesi, kg

V: Ölçü kabinin hacmi, L

Asitte Çözünebilen Sülfat Tayini

Agrega içerisinde bulunabilen sülfatlar betonda şişmeye bağlı çatlamalara ve buna bağlı olarak hasara yol açmaktadır. Agregalarda belirli koşullarda mevcutta bulunan kükürt bileşikleri, sülfatları oluşturmak üzere beton içerisinde indirgenebilmektedir. Asitte çözünebilen sülfatlar için TS EN 1744-1 (2013) standardı uygulanmaktadır. SO_3 olarak gösterilen, agreganın asitte çözünebilen sülfat içeriği Eşitlik (4.11) yardımı ile bulunmaktadır (TS EN 1744-1 2013).

$$Sülfat\ Muhtevası(\%) = \frac{M_7}{M_6} \times 34{,}30 \quad (4.11)$$

m_7: Çökeleğin kütlesi, g

m_6: Deney numunesi parçasının kütlesi, g.

Suda Çözünebilir Klorür Tayini

Agrega içerisinde sodyum ve potasyum tuzlar halinde bulunabilmektedir. Bu tuzların agrega içerisinde bulunuşu betonun yapısını bozarlar ve bunun sonucunda alkali muhtevasını ve klorür muhtevasını yükseltirler. Suda çözünebilir klorürün tayin edilmesi için adına TS EN 1744-1 (2013) standardının madde 7'de belirtilen Volhard Metodu yardımı ile ya da yine aynı standarttaki madde 9'da belirtilmiş olan Mohr metodu yardımı ile hesaplanabilmektedir. Suda Çözünebilen Klorür tayini Eşitlik 4.12 yardımı ile hesap edilmekte ve (C) şeklinde raporlanmaktadır (TS EN 1744-1 2013).

$$C = 0{,}003456 \times W[V_5 - (10 \times C_T \times V_6)] \quad (4.12)$$

V_5: Gümüş nitrat çözeltisinin hacmi, ml

V_6: Eklenen ayarlı çözeltinin(tiyosiyanat) hacmi, ml

C_T: Ayarlı çözeltinin (tiyosiyanat) derişimi, mol/L

W: Su/Agrega oranı (g/g); hafif agregalar için 1000 g/agreganın kütlesi, g

Organik Madde Tayini

Betondaki kürlenme süresini olumsuz yönde etkileyen agrega içerisindeki diğer bileşenler, çimento ile suyun tepki hızında olumsuzluklara yol açtığı bilinmektedir. Bu tarz etkiye sahip malzemelere organik madde ve şeker tipik örnektir.

Agrega içerisinde organik maddenin bulunup bulunmadığı, TS EN 1744-1+A1 (2013) standardı madde 15.1'e göre belirlenebilmektedir. Bu deney için kullanılacak olan temiz sıvı deney soncunda standart renklerden daha açık görünümde ise, agregaların organik madde içermediği ve bu açıdan kullanılabilir olduğu kabul görmektedir. Eğer sonuçlar yüksek oranda organik madde içeriğine işaret ederse, fulvo asitlerin agrega içerisinde olup olmadığı ilgili standardın 15.2 maddesine göre uygun olarak işlem yapılmalıdır (TS EN 1744-1+A1 2013).

Alkali Agrega Reaktivitesi

Alkali-silika reaksiyonu (ASR), betonun boşluklarında eriyik halde görülen hidroksil iyonlarının reaktif silis ile tepkimeye girmesi sonucudur. Bu tepkime sonucunda, betonda nemin de etkisiyle genleşen bir yapının oluşması ve bunun sonucunda beton içerisinde şişerek hacim artışı meydana gelmektedir. Bu hacim artışı çekme gerilmelerinin doğmasına ve betonda çatlamalara sebebiyet vermektedir.

Yapılan deney ile birlikte agreganın alkali azalması (R_c) ve çözünmüş silis (S_c) sonuçları kullanır ve bunlar arasındaki ilişkinin belirlenmesi için TS 2517 (2010) standardında bulunan grafik ile agreganın uygun olup olmadığı tayin edilir (TS 2517 2010).

Modifiye Proktor

Modifiye Proktor deneyi diğer bir adı ile kompaksiyon testi mühendislik uygulamalarında sıkça kullanılmakta olan yapay dolguların su içeriklerine göre optimum sıkışma oranını sağlayıp sağlamayacağını tespit etmeye yardımcı olur.

Modifiye Proktor Deneyi için standart ağırlıktaki (4,5 kg) tokmak ve yine standart olan (45.8 cm) düşme yüksekliğinden serbest düşüş yaparak 25 vuruş ve 5 tabaka halinde sıkıştırma enerjisi numuneye üzerine uygulanmaktadır. Açıkta kurutulan ve 20 mm'lik elekten geçen zeminden yaklaşık 5 kg kadar malzeme su ilavesi ile büyük bir kapta karıştırılır. Sıkıştırma kalıbı 1g hassasiyetle ölçüm yapan tartı ile tartılır.

Gerçekleştirilen her sıkıştırma işleminden sonra su içeriği ve kuru birim ağırlık değeri Eşitlik 4.13 ve 4.14'e göre tespit edilir.

$$\text{Birim ağırlık: } \gamma=(W2-W1)/V \tag{4.13}$$

$$\text{Kuru birim ağırlık: } \gamma d=\gamma/1+w \tag{4.14}$$

W1: Kalıp ağırlığı

W2: Kalıp+sıkıştırlmış zemin ağırlığı

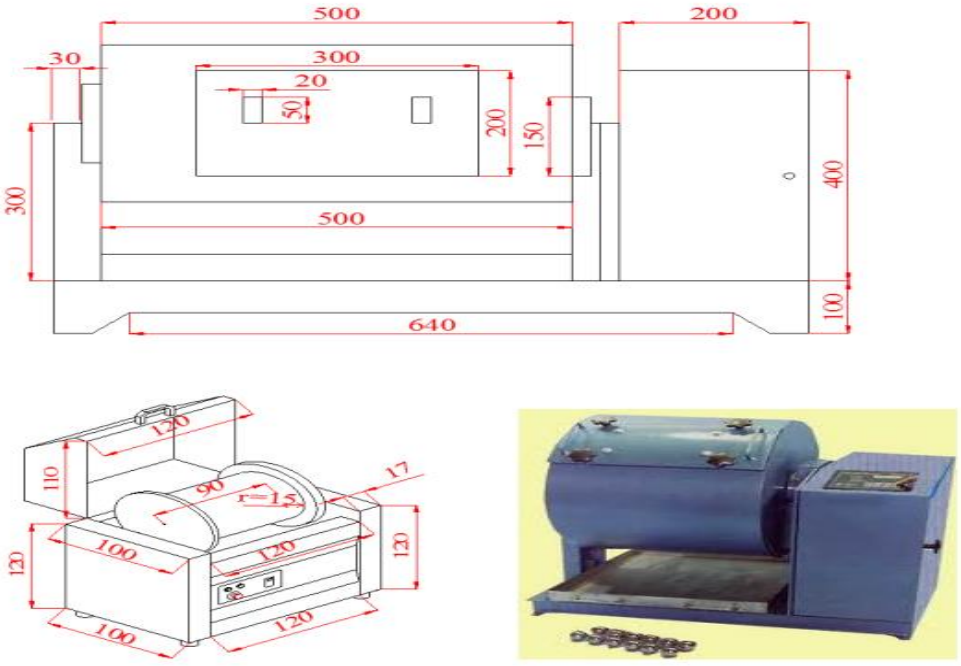
V: Kalıbın hacmi

Marshall Dizayn Metodu

Marshall dizayn yöntemine göre önceden belirlenmiş olan ve maksimum dane boyutu 25 mm olan bir agrega ve minimum 5 farklı bitüm içeriğine sahip olan küp numuneler Marshall tokmağı yardımı ile sıkıştırılıp hazırlanarak oluşturulan briket numuneleri kullanılarak yürütülen bir takım deney sonucunda en uygun bitüm yüzdesini belirlemeye yarayan bir yöntemdir (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı 2021).

İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci

TS EN 1097-2'e standardı doğrultusunda yapılan deneyde numuneler -14 mm, +10 mm aralığında elenmekte ve kütlece 5000±5 g olarak ayarlanmaktadır. Tambur şeklindeki Los Angeles deney makinesine önce bilyeler ve daha sonra standardına uygun olarak elenip hazırlanan numune konularak makinanın kapağı sıkıca kapatılır. Daha sonra Makine 500 devir sabit hızda (31-33 dev/dk.) döndürüldükten sonra makine içerisindeki numune dikkatlice çıkarılır. Malzemenin elenerek tartılması sonucunda Los Angeles katsayısı (LA) belirlenmiş olur. Bu değer Eşitlik 4.15 yardımı ile hesaplanmaktadır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.6. Los Angeles Deney Makinesi

$$LA = \frac{5000-m}{5000} \quad (4.15)$$

LA: Los Angeles katsayısı

m: 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, g

Tek Eksenli Basma Dayanımı

Teste tabi tutulacak olan numunenin üzerine uygulanan yük sonucu kırılmadan hemen önceki dayanma sınırına denilmektedir. Deney ilgili standart olan TS 699 (2009)'da belirlenen şekilde yapılmaktadır. Deneyin hesaplanması için Eşitlik 4.16 kullanılmaktadır (TS 699 2009).

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \tag{4.16}$$

σ_b: Taşın basınç mukavemeti (kgf/cm^2)

P: Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf)

A: Yük uygulanan numunenin yüzey alanı (cm^2)

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bölgede üretilen malzemenin kullanım amacı yoğunluklu olarak yol yapımı için olması sebebi ile Karayolu Teknik Şartnamesi (2013) standartlarına göre ve hazır beton üretiminde kullanılabilirliğinin tespiti açısından beton ile ilgili şartname olan TS 706 EN şartlarına uygunluğu tespit edilmiştir.

Bu standartlar doğrultusunda Geometrik özelliklerin tespiti, fiziksel özelliklerin tespiti, kimyasal özelliklerin tespiti petrografik özelliklerin tespiti Plent mix temel imalatı için optimum su içeriği ve bitümlü sıcak karışım imalatı için optimum bitüm içeriği değerleri incelenmek istenmiştir.

Tufanbeyli İlçesi Fatmakuyu Mahallesi'nde bulunan alandan sahayı temsil edecek olan tanımlayıcı örnekler alınarak malzemenin fiziksel ve kimyasal bileşimlerinin tespit edilmesi için gerekli çalışmalar yapılmıştır.

5.1. Kimyasal Analiz

Sahadan alınan Numunenin içeriği Panalytical marka X-Ray Fluoresence (XRF) cihazı ile belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin kızdırma kayıpları (KK) da belirlenmiştir. Analiz sonucu Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

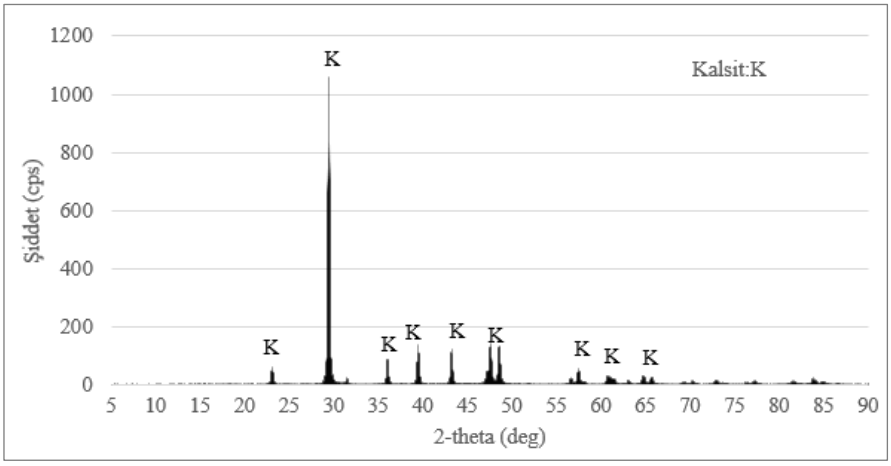
Çizelge 5.1. Kimyasal Analiz (XRF) ve Kızdırma Kaybı (KK) Sonucu

Oksit	MgO	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	Cl	K_2O	CaO	Fe_2O_3	CuO	Yb_2O_3	Lu_2O_3	KK
%	0,86	0,71	0,90	0,03	0,34	0,06	54,24	0,17	0,05	0,02	0,02	42,58

Çıkan sonuçlara göre örneklerin yüksek oranda kalsiyum içermesi kayacın kireçtaşı olduğunu göstermektedir. Ayrıca kayacın bünyesindeki safsızlıkların oranının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu açıdan yol yapımı ve beton üretimi için uygun olduğunu göstermektedir.

5.2. X-Ray Difraction Analizi

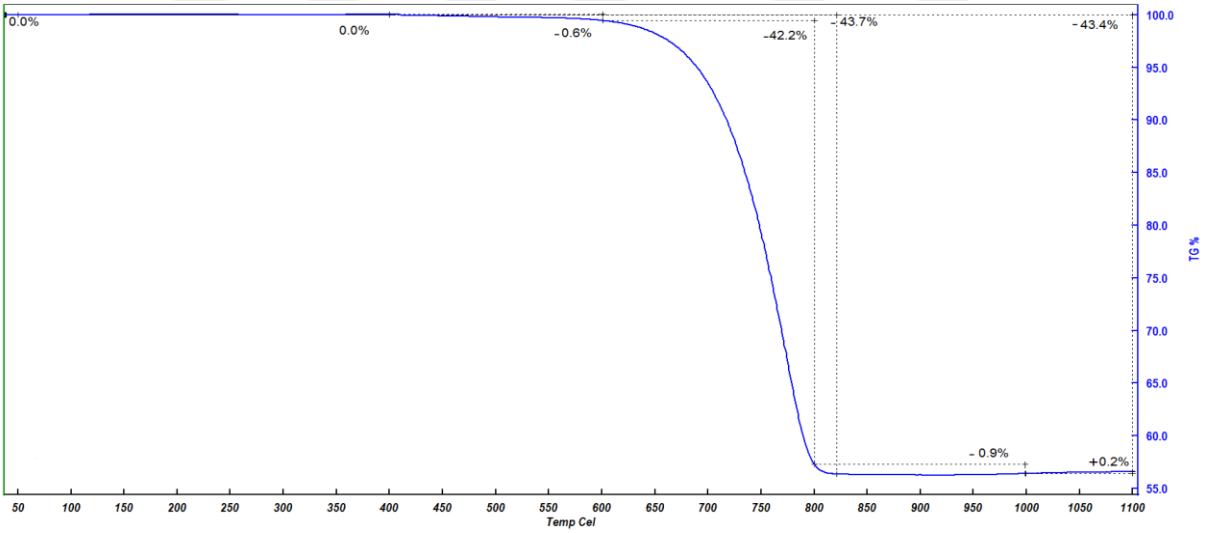
Fatmakuyu Mahallesi'nden alınanan örnekler üzerinde Rigaku Miniflex 600 model XRD cihazı ile 2θ 5-90º 2 derece/dk hızla çekilerek yapılmıştır. Analiz sonucu çıkan değerler Şekil 5.1'de verilmiş olup analiz sonucunda örneklerin yüksek oranda kalsitten oluştuğu belirlenmiştir.



Şekil 5.1. Kireçtaşına Ait X-Ray Difractometre Analiz Sonucu

5.3. Termogravimetrik (TG) Analizi

Kireçtaşı örneğinin sıcaklık artışına karşılık kaybettiği (%) ağırlık miktarını belirlemek amacı ile Termogravimetrik (Thermo Gravimetric, TG) analiz yapılmıştır. -0,5 mm boyutundaki kireçtaşı numunesi etüvde 105°C 'de bekletilerek kurutulmuş ve agat havanda -63µm boyutuna öğütülmüştür. Analiz, Hitachi marka 7300 model STA cihazı kullanılarak oda sıcaklığı ile 1100 °C arasında, azot atmosferde ve 10 °C/dk ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir. TG analiz eğrisi Şekil 5.2'de verilmiştir.



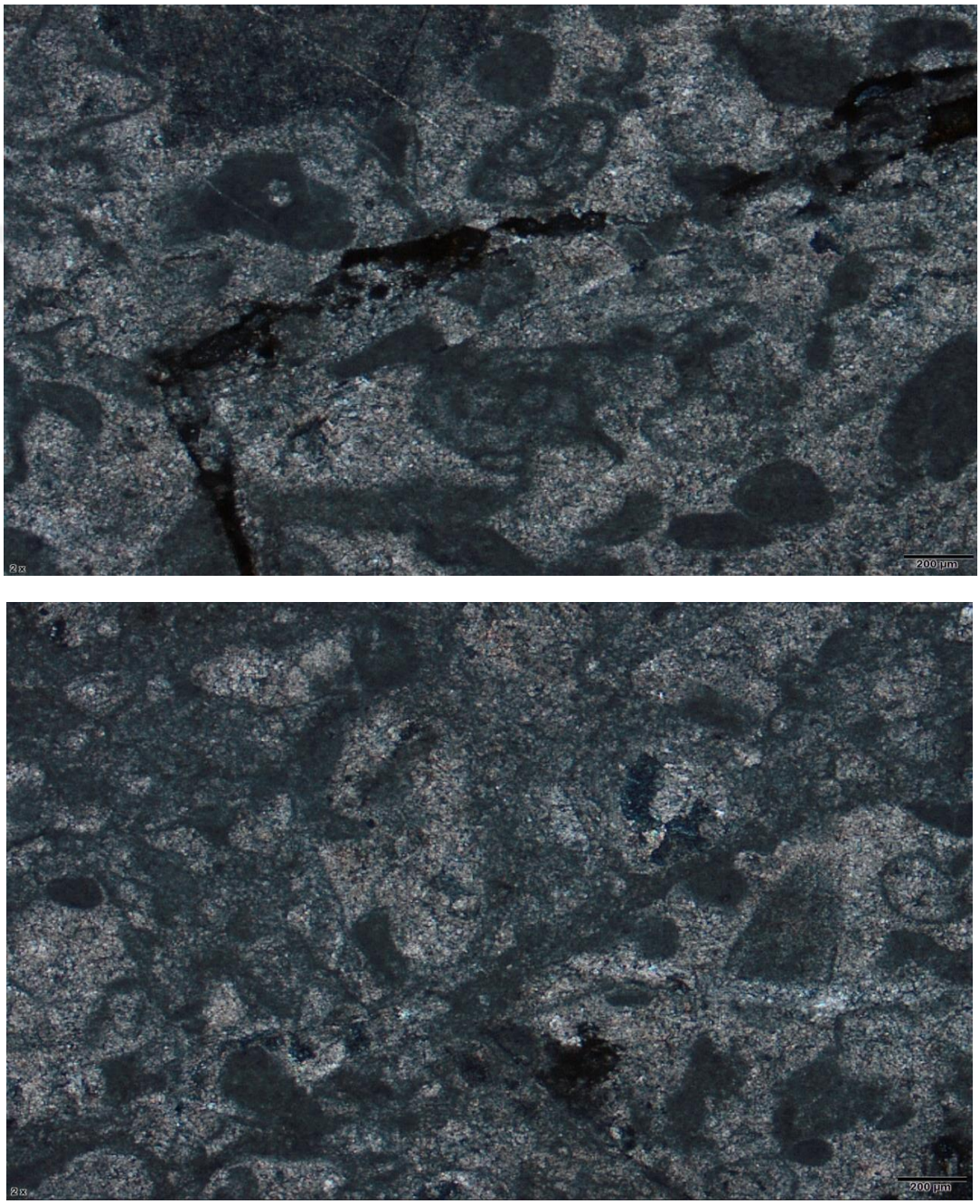
Şekil 5.2. Örneğin 10 °C/dk Isıtma Hızında TG Eğrisi

TG eğrisi incelendiğinde kireçtaşı numunesinin dekompozisyonunun tek basamakta gerçekleştiği ve ağ. %42,2 'lik kütle kaybının 600-820°C aralığında olduğu tespit edilmiştir. Oda sıcaklığı ile 1100 °C arasındaki toplam kütle kaybı ise ağ. % 43,4 olarak belirlenmiştir.

5.4. Petrografik İnceleme

Agreganın ana kolojenezi kalsit olmakla birlikte tamamına yakını mikritik boyda matriks dolgusu şeklinde görülmektedir.

Fosil Kavlıkları kısmen kalsitleşmiş farklı orjinde bol miktarda gözlemlenmektedir. İkincil çatlaklar yine mikrokalsitler ve demir oksitler ile doldurulmuştur. Bu mineral içeriğine göre kayaç ismi biyomikritik kireçtaşı olarak adlandırılmaktadır. Şekil 5.3.'de numune ince kesit görüntüsü verilmektedir.



Şekil 5.3. Numune İnce Kesit Görüntüsü

5.5. Fiziksel Özellikler

Sahadan standartlara uygun olarak alınmış olan numuneler üzerinde birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme oranı ve porozite değerlerini tespiti için bir takım deneylere tabii tutulmuş olup deney sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Fiziksel Özellikler

Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Su Emme Oranı	Porozite (%)
2,66	0,74	1,599

Çizelge 5.2.'de verilen sonuçlara göre su emme oranının ilgili standart olan TS 2513 standardına göre limit değeri olan <%1,80 sağladığı görülmüştür. Birim hacım ağırlığının>2,55 g/cm3 olduğu ve porozitelerinin Tarhan (1989)'a göre %1-2,5 aralığında olduğun için az boşluklu kayaç sınıfında değerlendirilmektedir.

5.6. Geometrik Özellikler

5.6.1. Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi

Fatmakuyu bölgesinden standartlara uygun olarak örnekler üzerinde ilgili standartlara göre hazırlanmıştır. Belirlenen yassılık endeks değeri Çizelge 5.3'de verilmekte olup sahada üretilmiş olan agregaların beton ve yollarda kullanımı için uygun nitelikte olduğu ve limit değer olarak kabul edilen Fi ≤35 şartını sağladığı görülmektedir.

Çizelge 5.3. Yassılık Endeksi Hesabı

Tane Büyüklüğü Dağılımı (mm)	Elekte Kalan (g) (Ri)	Şablon Açıklığı (mm) (mi)	Şablondan Geçen (g)	Fi=(mi/Ri)*100
63/80	-	40	-	-
50/63	-	31,5	-	-
40/50	-	25	-	-
31,5/40	-	20	-	-
25/31,5	169	16	40,5	24,0
20/25	108	12,5	10,5	9,7
16/20	95	10	32	33,7
12,5/16	168	8	36	21,4
10/12,5	151	6,3	31	20,5
0,8	109	5	28	25,7
6,3/8	123	4	25	20,3
5/6,3	66	3,15	11	16,7
0,8	77	2,5	20	26,0
Toplam Ri=M_1	1066	Toplam mi=M_2	234	22,0
Yassılık İndeksi Fi %				

5.6.2. İnce Malzemenin Kalitesi, Metilen Mavisi Deneyi

Fatmakuyu bölgesinden alınan örneklerden 0-2 mm aralığında öğütülmüş olan ince ve karışık agregalar üzerinde TS EN 933-9 (2001)'e göre metilen mavisi deneyi gerçekleştirilerek ince malzeme kalitesini saptanmıştır. Yapılan deney sonucunda hesaplanan MB değeri 1,5 olarak tespit edilmiştir. Karayolu teknik şartnamesi 2013'e göre Aşınma ve Binder asfaltta çıkan MB sonucunun ≤1,5 olması gerektiği, Bitümlü temelde çıkan MB sonucunun ≤ 2,0 olması gerektiği ve Beton üretimi için kullanılacak kireçtaşlarında da MB sonucunun ≤1,5 olması gerektiği görülmüş ve mevcut değerin Beton santralleri ve asfalt plentlerinde kullanımı için sınır değerde olduğu görülmüştür (Şekil 5.4.).



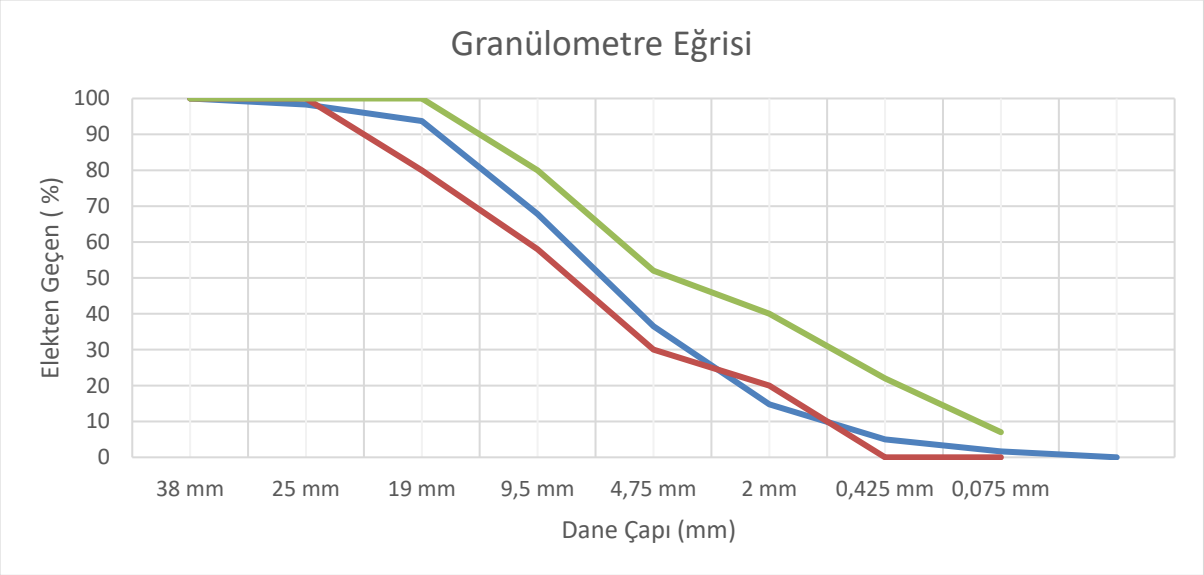
Şekil 5.4. Metilen Mavisi Deneyi

5.6.3. Tane Büyüklüğü Dağılımı

Fatmakuyu ocağından alınan kireçtaşlarına ait agrega örneklerine standarda göre bölünerek hazırlanmış agregaların tane büyüklüğü dağılımı Çizelge 5.4'de verilmiştir. Granülometre eğrisi ise Şekil 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Tane Büyüklüğü Dağılımı

Elek No	Elek Açıklıkları (mm)	Kümülatif Elek Üstü Kalan (g)	Kümülatif Elekten Geçen (g)	Elekten Geçen (%)
1 $^{1/2}$ in.	38 mm	0	0	100
1 in.	25 mm	149	6034	98,30563702
3/4 in.	19 mm	430	5753	93,72759857
3/8 in.	9,5 mm	2020	4163	67,82339524
No:4	4,75 mm	3941	2242	36,52655588
No:10	2 mm	5278	905	14,74421636
No:40	0,425 mm	5876	307	5,001629195
No:200	0,075 mm	6083	100	1,629195178
PAN		6183	0	0



Şekil 5.5. Granülometre Eğrisi

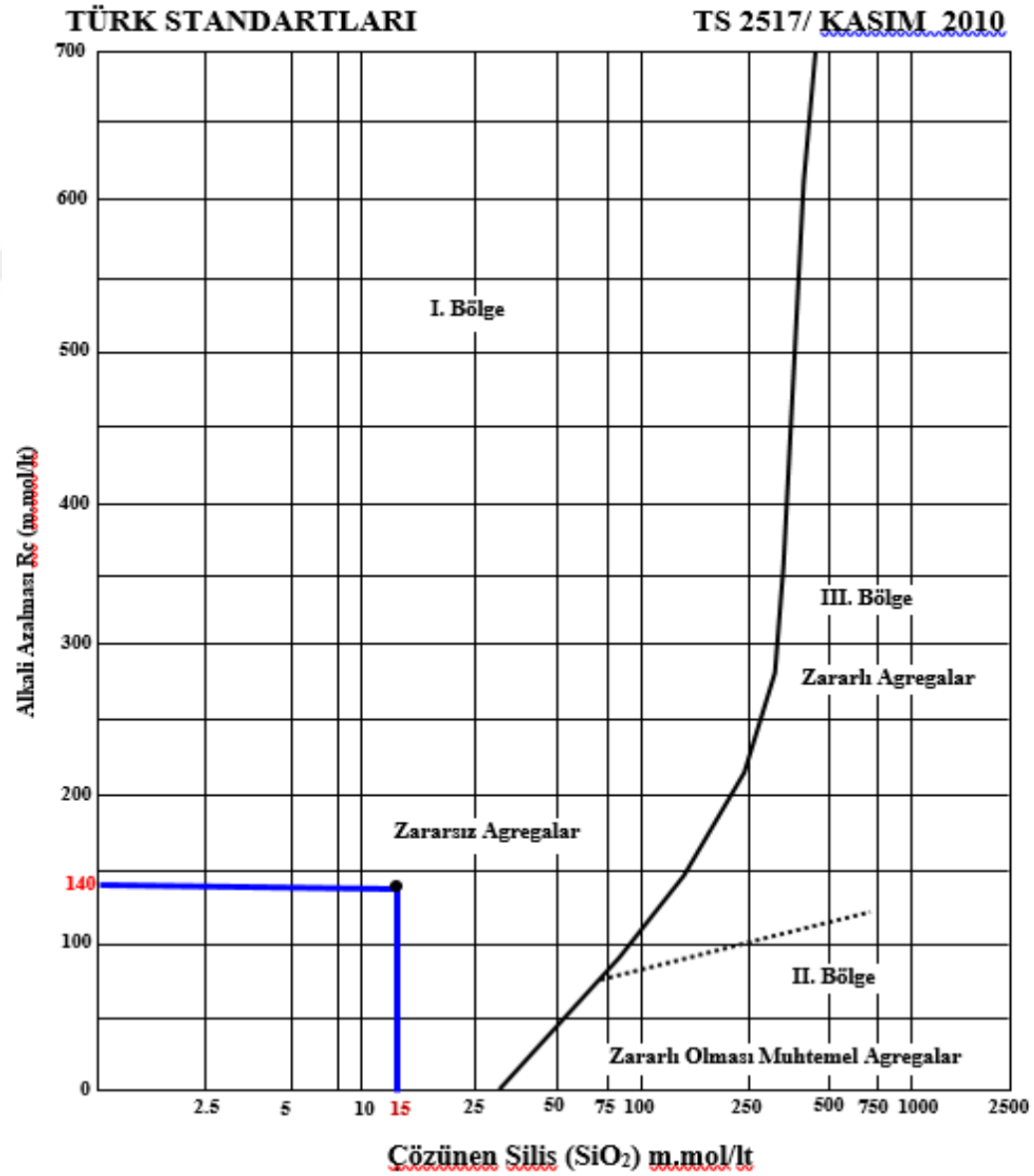
5.7. Diğer Özellikler

5.7.1. İri Agregaların Donma ve Çözülme Etkisine Karşı Direnci

Standartlara uygun olarak sahadan alınan ve hazırlanan örneklere yapılan analiz sonucunda bulunan donma ve çözünme sonucunda malzemenin kütle kayıp değeri olan (MS) %7,65 olarak hesaplanmıştır. Tespiti yapılan bu MS değerine istinaden Karayolu teknik şartnamesi (2013) ve TS EN 1367-2 (1999)'e göre ≤18 olduğundan asfalt ve beton agregası olarak kullanımının uygun olduğu görülmüştür.

5.7.2. Alkali Silika Reaktifliği

TS 2517 (2010) deney standardına göre yapılan alkali silika reaktiflik deneyi hızlandırılmış harç çubukları yöntemi ile yapılmış olup elde edilen sonuçlar ışığında Alkali Azalması (Rc)= 140 m.mol/ltve Çözünen Silis (SiO_2)= 15 m.mol/lt olarak saptanmıştır. Bulunan bu değerler grafiğe yerleştirildiğinde Şekil 5.4'de verilen beton santrallerinin tercih ettiği ve I. Bölge'de yer alan zararsız agregalar içerisinde yer aldığı görülmektedir. Şekil 5.6.'da alkali silika reaktifliği grafiği verilmiştir.



Şekil 5.6. Alkali Silika Reaktifliği

5.7.3 Asitte Çözünebilen Sülfatın Tayin Edilmesi

Sahadan alınan kireçtaşı örneklerine TS EN standartlarına uygun olarak yapılan deney sonucu hesaplanmış olan deney değeri %0,0019'dır.Standartlara göre AS 0,2 kategorisi kapsamında kalan

Sahada üretilen kireçtaşlarının beton santrallerinde tercih edilen maksimum asitte çözünebilen sülfat değeri olan ≤%0,4'ü karşılamakta olduğu görülmektedir.

5.7.4. Suda Çözünebilir Klorürün Tayin Edilmesi

Çalışma sahasından alınan standartlara uygun olarak hazırlanmış numune üzerinde yapılan deney ve yapılan hesaplamalar sonucunda saptanmış olan Klor %0,0026'dır. Standartlar doğrultusunda şartnamelerdeki maksimum klor değeri <%0,01 şartını alınan numunelerin karşılamakta olduğu görülmektedir.

5.7.5. Organik Maddenin Tayin Edilmesi

Fatmakuyu ocağı kireçtaşlarına ilgili standarda göre yapılan deneyin (TS EN 1744-1) neticesinde malzeme içerisinde herhangi bir organik madde içeriğine rastlanmamıştır.

5.7.6. İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (Los Angeles Deneyi)

Deney standardına uygun olarak alınmış olan 5000 g numune Los Angeles deney cihazına konulmuş ve 500 devir sonucu çıkan numunenin eleme ve tartım işlemi sonrası kayıp miktarının %26,1 olduğu tespit edilmiş, Karayolu teknik şartnamesi 2013 ve TS EN 1097-2 deney standartlarına göre Beton agregası, aşınma asfalt, binder asfalt ve Bitümlü Temel agregası olarak kullanılmasında bir sakınca olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5.7-5.9).



Şekil 5.7. Los Angeles Deneyi



Şekil 5.8. Los Angeles Deney Tartımı



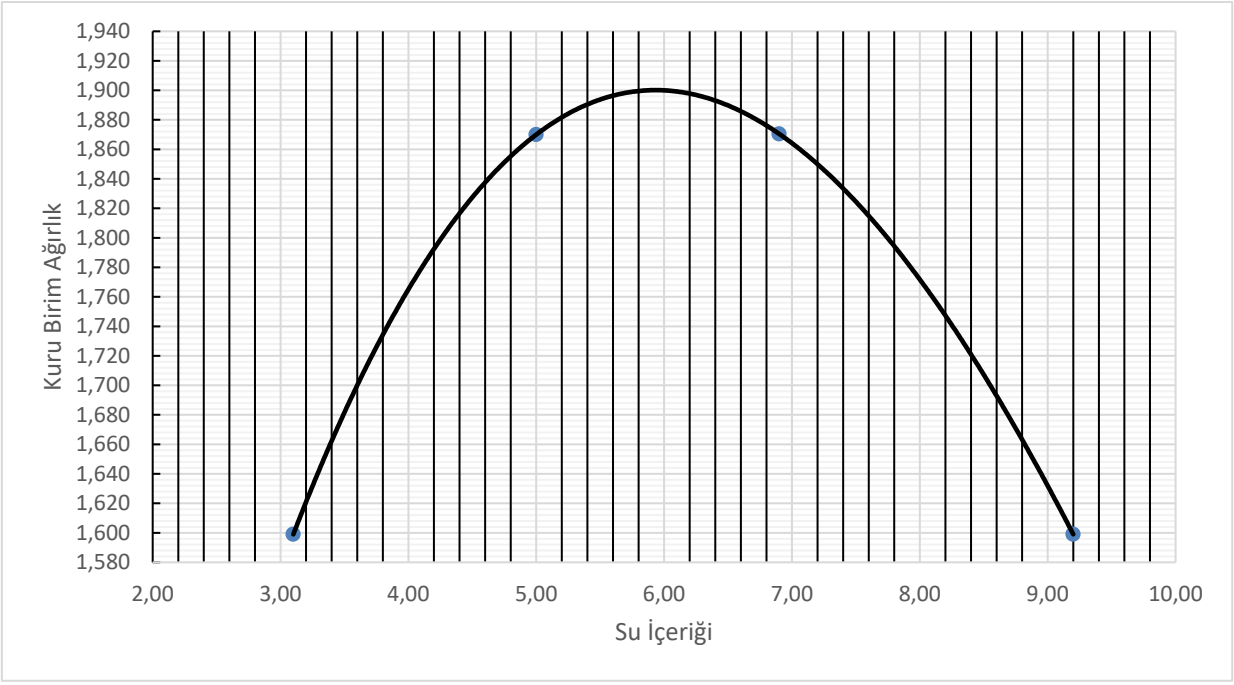
Şekil 5.9. Los Angeles Deney Makinasından Çıkan

5.7.7. Modifiye Proktor

Sabit Hacimli kap, sabit tokmak ağırlığı ve standart vuruş sayısı ile yapılan deney sonucunda PMT(Plent Mix Temel) tabakası için uygulanacak optimum su içeriği %6,1 olarak tespit edilmiştir. Bu hesaplamalar ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.5' de verilmekte olup optimum su içeriği eğrisi Şekil 5.10.'da verilmiştir. Şekil 5.11.'de deneyin yapılışı gösterilmektedir.

Çizelge 5.5. Optimum Su İçeriği Hesap Tablosu

Kuru Birim Hacim Ağırlık				
Kap Hacmi	2124	2124	2124	2124
Kalıp Ağırlığı (W)g	4733	4733	4733	4733
Kalıp+ Yaş Numune Ağırlığı (W1) g	8237	8902	8980	8440
Yaş Numune Ağırlığı z=(W1-W)g	3504	4169	4247	3707
Yaş Birim Ağırlığı d=(z)/V	1,650	1,963	2,000	1,745
Su İçeriğinin Hesaplanması				
Kap+Yaş Numune Ağırlığı (W1) g	197	388	258	200
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı (W2) g	191	369,6	241,3	183,2
Kuru Numune Ağırlığı (d) g	191	369,6	241,3	183,2
Su Ağırlığı (wm)=W1-W2	6	18,4	16,7	16,8
Su İçeriği % (m)	3,10	5	6,9	9,2
Kuru Birim Ağırlığı	1,599	1,870	1,870	1,599



Şekil 5.10. Optimum Su İçeriği Eğrisi



Şekil 5.11. Modifiye Proktor Deneyi Yapılışı

5.7.8. Marshall Dizayn Metodu

Binder asfalt Dizaynı oluşturabilmek için Stok sahasında üretilmiş olan (25-19 mm), (19-12 mm), (12-5 mm), (0-5 mm) dane boyutu grubu agregalar ve 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan çalışma sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça % 4,5 (100g. Kuru agrega + 4,5 g uygun özellikteki bitüm) olarak bulunmuştur.

Çalışma sonucunda binder asfalt tabakası üretmek için en uygun agrega ve bitüm oranı tespit edilmiştir. Bu çalışma yardımı ile üretilen asfalttaki bitüm miktarının fazla olması sonucu oluşacak kamu zararı ve yollarda kusma probleminin önüne geçmek bitüm miktarının az olması durumunda da yaşanacak olan stabilizasyon probleminin önüne geçilmesi planlanmaktadır. Marshall dizaynı ile ilgili hususlar Çizelge 5.6.'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Marshall Dizayn Hesap Tablosu

Bitüm % Wa	h (mm)	m_h (g)	m_{su} (g)	m_{Doy} (g)	V (cm^3)	V_γ	γ	d %'si	d_{agr} %'si	d_{asf} %'si	Stb. (kg)	Akma (mm)
3	64	1180,2	690,2	1191,3	501,1	2,355					1041	2,1
	64	1180,9	691,5	1191,8	500,3	2,360					1055	2,13
	64,2	1180,7	692,8	1190,6	497,8	2,372					1057	2,07
Ortalama	64,1					2,362	2,579	8,4	14,8	43,3	1051	2,10
3,5	64	1185,5	697,2	1193,2	496	2,390					1170	2,56
	64	1187,8	698,5	1196,5	498	2,385					1180	2,45
	61	1142,9	672,5	1154,2	481,7	2,373					1232	2,39
Ortalama	63					2,383	2,560	6,9	14,5	52,2	1194	2,47
4	62	1188,4	697,5	1190	492,5	2,413					1259	2,97
	63	1183,8	696	1187,6	491,6	2,408					1225	3,08
	62	1191,9	697,4	1194,1	496,7	2,400					1269	3,12
Ortalama	62,3					2,407	2,541	5,3	14,03	62,3	1251	3,06
4,5	**62,5**	**1190,7**	**700**	**1192,5**	**492,5**	**2,418**					**1367**	**3,15**
	63,4	**1192,2**	**702,1**	**1196,5**	**494,4**	**2,411**					**1339**	**3,22**
	63,3	**1198,2**	**703,5**	**1198,6**	**495,1**	**2,420**					**1319**	**3,07**
Ortalama	**63,1**					**2,416**	**2,523**	**4,2**	**14,1**	**70,0**	**1342**	**3,15**
5	62,2	1203,2	705,4	1203,8	498,4	2,414					1182	3,45
	63	1202,2	702,6	1202,6	500	2,404					1141	3,5
	63	1199,9	703,1	1200,4	497,3	2,413					1143	3,6
Ortalama	62,7					2,410	2,505	3,8	14,7	74,2	1155	3,52
5,5	63,2	1200,4	700,3	1201,1	500,8	2,397					1036	4,2
	62,8	1199,6	701,5	1200	498,5	2,406					1056	4,5
	63,1	1201,3	700,8	1201,6	500,8	2,399					1051	5,1
Ortalama	63,0					2,401	2,488	3,5	15,5	77,3	1048	4,6
			K.T.Ş. Binder Tabakası Dizayn Kriterleri					***4-6***	***13-15***	***65-75***	***>750***	***2-4***

h: Briket Yüksekliği (mm), m_h: Havadaki Ağırlık (g), m_{su}:Sudaki ağırlık, m_{Doy}: Doygun Yüz. Ağırlığı (g), V:Hacim (cm^3), V_γ Hacim Özgül Ağırlığı, γ: Max. Teorik Öz. Ağırlığı, Stb.:Stabilite (Kg), d: Boşluk %'si, d_{agr}:Agrega Boşluk %'si, d_{asf}:Asf. Dolu Boşluk %'si.

5.7.9. Tek Eksenli Basma Dayanımı

Üretilmiş olan Marshall briketlerine ve beton numunelerine tek eksenli basma dayanımı uygulanmış olup sonuçlar Çizelge 5.7. ve 5.8'deki tabloda verilmiştir Şekil 5.12'da binder tabakası Marshall briketi ve şekil 5.13.'de Beton silindirik numuneleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.7. Beton Numunesi Basınç Deneyi Sonucu

7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
15,02 MPa	16,70 MPa	17,62 MPa	18,23 MPa

Çizelge 5.8. Asfalt Numunesi Basınç Deneyi Sonucu

Numune no	Çap (cm)	Kırılma Yükü (F)	Alan	Basınç (MPa)
1	10	2814	78,53981634	3,50
2	10	2200	78,53981634	2,70
3	10	2810	78,53981634	3,50
4	10	2312	78,53981634	2,90
5	10	2786	78,53981634	3,50
6	10	2916	78,53981634	3,60
7	10	2300	78,53981634	2,90



Şekil 5.14. Binder Tabakası Marshall Briketi



Şekil 5.15. Beton Numunesi

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Tufanbeyli Fatmakuyu mahallesinde bulunan ve üretim maliyeti açısından uygun olan ariyet ocağı incelenmiş ve malzeme üzerinde Karayolu teknik şartnamesi 2013 ve TSE normları temel alınarak bir takım deneyler yapılmıştır. Malzemenin sadece dolgu işlerinde kullanılmaması daha işlevsel bir malzeme olarak kullanılabilmesi adına malzemenin niteliği araştırılmış ve çıkan sonuçlar ışığında kullanımının hangi doğrultuda olacağı tespit edilmiştir.

6.1. Sonuçlar

Bölgeden sahayı temsilen örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde kimyasal, fiziksel, petrografik, geometrik ve mekanik özelliklerin değerlendirilmesi için bir takım deneyler yapılmıştır.

Bölge kireçtaşlarına yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre kireçtaşlarının kalsiyumca ($CaCO_3$) zengin olduğu ve safsızlıkların (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) oldukça düşük olduğu bu durumun malzeme kalitesini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Kireçtaşlarının fiziksel özelliklerini belirlemek üzere yapılan hesaplamalar neticesinde birim hacim ağırlık değeri 2,66 g/cm^3, ortalama su emme oranının%0,74 ve porozitesi ise %1,599 olarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar ışığında Fatmakuyu Mahallesi kireçtaşlarının birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme şartları olan standart değerleri sağladığı ancak doğal yapı taşı olarak kullanımı için porozite şartı olan (<%1) değerini sağlayamadığı görülmüştür. Porozitesinin %1-2,5 aralığında olduğundan az boşluklu kayaç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alınan örnekler hazır beton üretiminde ve asfalt plenti agregası olarak kullanımı için istenilen standartları karşılayıp karşılamadığı yapılan gerek geometrik ve fiziksel gerekse de yapılan diğer analizler sonucunda tespit edilmiş olan sonuçlar ışığında hazır beton üretiminde ve kara yollarının şartnamelerinde istenilen özelliklerin sağladığı görülmektedir.

Magnezyum sülfat ile donma çözünme kaybı deneyi sonrası Fatmakuyu Mahallesi kireçtaşlarının hesaplanan kütlece kayıp değeri (MS) ≤18 olması nedeni ile agrega olarak kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

Beton santrallerinde istenilen asitte çözünebilen sülfat değeri olarak ≤%0,4 değerini karşıladığı görülmektedir. Söz konusu malzemenin TS 706 EN 12620+A1 (2009) standartlarına göre AS 0,2 kategorisinde olduğu tespit edilmiştir.

Beton üretiminden kullanılan agregalarda zararlı olan klor içeriği (<%0,01) ve organik madde tespit edilmemesi, Alkali Azalması (Rc)= 140 m.mol/lt ve Çözünen Silis (SiO_2)= 15 m.mol/lt olarak bulunması beton santrallerinin istediği zararsız agregalar içerisinde yer alması nedeni ile beton agregası olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Ayrıca yapılan Marshall Dizayn metodu ile binder asfaltta optimum bitüm oranı % 4,5 olarak belirlenmiş. Modifiye proktor deneyi neticesinde ise optimum su oranının % 6,1 olarak tespit edilmiştir.

6.2. Öneriler

Tufanbeyli İlçesi ve yakın çevresinder yol altyapı çalışmalarında Fatmakuyu kireçtaşı kullanılmış olup yapılan bu yollarda herhangi bir deformasyon ile karşılaşılmamıştır. Fatmakuyu kireçtaşlarından alınan örneklere uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda malzemenin yol yapım çalışmalarında dolgu ve temel malzemesi, beton agregası ve asfalt agregası olarak kullanımının uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6.1.-6.2.).

Malzemenin üretim kolaylığı ve ekonomik oluşu sebebi ile bölgeye kurulabilecek ufak çaplı bir eleme tesisi, beton santrali ve asfalt plenti sayesinde bağlı bulunduğu ilçe ve çevre ilçelerde yapılacak her türlü çalışmaya destek sağlayabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.1. Fatmakuyu Kireçtaşı ile Yapılmış Kayarcık Mahalle Yolu



Şekil 6.2. Fatmakuyu Kireçtaşı ile Yapılmış Karsavuran-Çatalçam Mahalle Yolu

KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu, Ş. 1959. Yukarı Seyhan Bölgesinde Doğu Toroslar'ın Jeolojik Etüdü. MTA Rap. No: 2668, 38 s., Ankara

Açlar, A., (1997), Teknik Altyapı Planlaması, Yüksek Lisans Ders Notları, YTÜ, İstanbul.

Boynton, R., S., 1980. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Bozkaya, Ö. 1995. Doğu Toroslardaki (Sarız-Tufanbeyli-Saimbeyli Yöreleri) Sedimanter ve Çok Düşük Dereceli Metasedimanter Kayaçların Mineralojisi ve Jeokimyası. Doktora Tezi, Sivas.

Ç.Ş.B. 2016. Sektörel Atık Kılavuzları Termik Santraller, Ankara

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2020, Kireç Üretimi Sektörel Uygulama Klavuzu, Ankara

Çiçek, T., 1999. Kireç ve Kullanımı. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

Demirtaşlı, E., 1967 Toros Kuşağının Farklı Kesimlerindeki Permiyen ve Triyas Yaşlı Kaya- Stratigrafi Birimlerinin ve Jeoloji Olaylarının Korelasyonu.

DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri, Ankara.

DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, Ankara

DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Alçı-Kireç-Kum-Çakıl-Boya Toprakları-Mıcır-Tuğla-Kiremit Çalışma Grubu Raporu, Ankara

DPT, 2008. Dokuzuncu 2007/2013 Kalkınma Planı, Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu Cilt 1, Ankara.

DPT, 2014. Onuncu 2014/2018 Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

DPT, 2018. On Birinci Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonları Raporları Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Dunham, R.J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures, in Classification of Carbonate Rocks-A Symposium: AAPG Memoir 1, p. 108-121.

Ege, İ., 2001, Tufanbeyli Havzası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, F. Ü. Sos.Bil.. Enst. Coğ. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Elazığ

Ege, İ., Tonbul S., 2003. Tufanbeyli Havzası Ve Yakın Çevresinin (Adana) Jeomorfolojisi

Erdoğan, B., Metin, S., Baydar, O., Göğer E., Bingöl, İ., Özgül, N., 1975, Tufanbeyli Dolayının (Doğu Toroslar-Adana) Kambriyen Tersiyer Kayaları, Ankara

Folk, R.L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types, in Classification of Carbonate Rocks-A Symposium: AAPG Memoir 1, p. 62-84.

İMİB, 2020, Maden Sektörü Görünüm Raporu, İstanbul.

Kahraman, E., Kılıç, A.M., Kılıç, Ö., 2015 Adana Saimbeyli Avcıpınar Yöresi Kireçtaşlarının Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi.

Kırıkoğlu, M.S., 1996. Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

Konak, G., Onur A.H., Karakuş D., 2009 İnşaat Sektörünün İhtiyacı Olan Agreganın İşletilmesi ve Kentsel Faydaları.

Kraus E.H., Hunt W.F., Ramsdell L.S., 1959 Mineralogy 5th edn, New York.

Lokman L., 2000. Kireç, KÜB Yayınları.

Skoog, D., A., Holler, F., J., Nıeman, T. A., 1998. Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Harcourt Brace College Publishers, USA.

MAPEG, 2022. Maden İstatistikleri Maden Üretim Değerleri.

Othmer, K., 1978. Enyclopedia of Chemical Technology, Vol.14, 3rd Edition John Wiley and Sons, Newyork.

ÖNEM, Y., 1996. Sanayi Madenleri: Tanımlar, Doğada Bulunuşları, dünya ve Türkiye Rezervleri, Yıllık Üretimleri, İhraç ve İthal Miktarları, Ankara.

Özgül, N., Metin, S., ve Dean, W.T., 1972 Doğu Toroslarda Tufanbeyli İlçesi (Adana) Dolayının Alt Palezoik Stratigrafisi ve Faunası.

Özgül, N., Metih S., Göğer E., Bingöl İ., Bayder O.,Erdoğan B., 1973. Tufanbeyli Dolayının (Doğu Toroslar, Adana) Kambriyen- Tersiyer Kayaları, MTA Ankara.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022. Çimento Sektör Raporu 2021, Ankara

Sevdinli, G., 2005. Ceyhan (Adana) Dolayı Yapı TaşıPotansiyelinin Değerlendirilmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi

Skillen, A., 1993. "Limestone and Dolomit", Raw Materials for The Glass&Ceramics Industries.

Skoog, D.A., Holler, F.J. and Nieman, T.A. 1998, Principles of Instrumental Analysis. Saunders College Publishing, Philadelphia.

Tarhan, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri. Genel Yayın No:145, KTÜ, Trabzon.

Temur, S., 2001. Endüstriyel Hammaddeler, Konya.

TS 2517, 2010. Agregaların Potansiyel Alkali Silis Reaktifliğinin Tayini - Kimyasal Yöntem, Ankara.

TS 3530 EN 933-1 (1999), Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi, Ankara.

TS 9582 EN 933-3, 2012. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 3:Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi, Ankara.

TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini, Ankara

TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini.

TS EN 1367-2, 1999. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi, Ankara.

TS EN 933-9, 2001. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler-Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi, Ankara.

TS EN 993-1, 2020. Yoğun Refrakter Mamuller İçin Deney Metotları-Kısım 1: Kaba Yoğunluk, Görünür Porozite Ve Hakiki Porozitenin Tayini, Ankara.

TS 699, 2009. Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri, Ankara.

TS EN 13043, 2004 Yollar, Havaalanları Ve Trafiğe Açık Diğer Alanlardaki Bitümlü Karışımlar Ve Yüzey Uygulamalarında Kullanılan Agregalar, Ankara.

TS 706 EN 12620+A1 2009, Beton Agregaları, Ankara.

TS EN 932-2 1999, Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu, Ankara.

TS EN 1744-1 (2013), Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Kimyasal analiz, Ankara.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü., 2021 Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı Ankara.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.,2013 Karayolu Teknik Şartnamesi, Ankara.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.,2022 Karayolu ve Ulaşım İstatistikleri, Ankara.

Ünsalaner, C., 1945, Aladağ ve Beydağ sıradağlar arasındaki bölgenin Üst Devoniyen faunası

Yakut, E., 2001. İzmir İli Çevresindeki Kireçtaşlarının Mühendislik Özellikleri ve Kullanım Alanlarının Araştırılması.

Yaşar, E., Erdoğan Y., 2002. Bazı Kayaçların Sertlik Değerleri ile Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İstatistiksel Analizi.

Yüce, E.A., 2001; "Çeşitli Kireçtaşı Örneklerinin Demir Çelik Amaçlı Kireç Üretimine Uygunluğunun Araştırılması", Ereğli Demir Çelik Fabrikaları Genel Müdürlüğü adına yapılan Teknolojik Araştırma Projesi.

ÖZGEÇMİŞ

Evrim TEKELİ, İlk ve orta öğrenimini Adana Süreyya Nihat Oral İlk Öğretim Okulu'nda ve lise öğrenimini Adana Mehmet Kemal Tuncel Lisesi'nde tamamladı. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2012 yılında mezun oldu. 2012 yılında Adana Büyükşehir Belediyesinde Maden Mühendisi olarak çalışmaya başladı ve halen aynı kurumda çalışmaya devam etmekte. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimine halen devam etmektedir. Evli ve 1 erkek çocuk babasıdır.