

**BATI KARADENİZ BÖLGESİ TAŞ OCAĞI AGREGALARININ DURABİLİTE  
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Özgür MURATOĞLU**

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Mühendislik Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

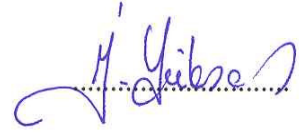
**ZONGULDAK**

**Şubat 2006**

**KABUL:**

Özgür MURATOĞLU tarafından hazırlanan "BATI KARADENİZ BÖLGESİ TAŞ OCAĞI AGREGALARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 03/02/2006

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İsa YÜKSEL (ZKÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih ALTUN (EÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU (ZKÜ)



---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. / / 2006



Prof. Dr. İhsan TOROĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **ÖZET**

**Yüksek Mühendislik Tezi**

### **BATI KARADENİZ BÖLGESİ TAŞ OCAĞI AGREGALARININ DURABİLİTE ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Özgür MURATOĞLU**

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İsa YÜKSEL**

**Şubat 2006, 68 sayfa**

Bu tez çalışmasında, Batı Karadeniz Bölgesindeki taş ocaklarından elde edilen agregaların durabilite (dayanıklılık) özellikleri araştırılarak genel anlamda beton imalatında ve karayolu üstyapısında kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla bölgeyi karakterize edecek şekilde seçilen on farklı taşocağından alınan agregaların dayanıklılık özelliklerini tespit etmek için petrografik analizi, kimyasal analizi, aşınma dayanımı (Los Angeles), don dayanımı ( $N_2SO_4$ ), darbe dayanımı, kırılma dayanımı, kütlece su emme, özgül ağırlık ve soyulma dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Deneyler için gerekli numuneler, taş ocaklarından daha önce patlatma yöntemi ile elde edilmiş kaya parçacıklarından derlenerek alınmıştır. Alınan bu kaya parçacıkları laboratuvarlarda çeneli kırıcı yardımı ile kırılarak değişik tane boyutlarında kırmataş numuneleri elde edilmiştir.

## **ÖZET (devam ediyor)**

Kırılarak elde edilen numuneler her bir deney için standartlara uygun şekilde gerekli miktarda ve tane büyüklüğünde gruplandırılarak deneylere başlanmıştır. Ayrıca, çalışmaya konu olan taş ocaklarından alınan agrega numunelerinin petrografik analiz sonuçlarına göre, tüm kayaç numunelerinin kireçtaşı olduğu ve kalsit ağırlıklı bir yapı sergilediği görülmüştür.

Deneyler sonucunda, araştırmaya konu agregalar dayanıklılık için ilgili standartlarda öngörülen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Araştırmaya konu taş ocakları Batı Karadeniz bölgesini temsilen seçildiğinden bu bölgedeki taş ocaklarının beton ve karayolu için aranan dürabilite özelliklerini sağladığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, araştırmaya konu rezervler her türlü beton üretiminde ve karayolu üstyapısında kullanılabilir durumdadır.

**Anahtar sözcükler:** Agrega, Kırmataş, Beton, Karayolu Üstyapısı, Dayanıklılık

**Bilim kodu:** 624.03.01



## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **THE INVESTIGATION OF DURABILITY PROPETIES OF QUARRY IN WESTERN BLACK SEA REGION**

**Özgür MURATOĞLU**

**Zonguldak Karaelmas University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. İsa YÜKSEL**

**February 2006, 68 pages**

In this study, it has been investigated that whether the aggregates obtained from the quarries in Western Black Sea Region can be generally used for concrete production and road upper layers by studying their durability. For this purpose, various tests are performed to determine the durability properties of aggregates obtained from ten different quarries which characterize the region, and these tests include petrographic analysis, chemical analysis, abrasion strength (Los Angeles), frost resistance ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), impact strength, crushing strength, water absorption, specific gravity and peel strength.

The samples for the tests are derived from the rock fragments in various grain sizes to be used as gravel by means of drilling and blasting rocks obtained from quarries, using jaw crusher.

These crushed samples are classified into groups to the relevant standards for each test. Having conducted the tests, it is gathered that all the rock samples are composed of

## **ABSTRACT (continued)**

limestone exhibiting mostly calcite compound with respect to the results of petrographic analysis of aggregate samples.

The aggregate samples are compared, in terms of their durability properties, with the limit values given in relevant standards and found to comply with those standards. It can be concluded that the quarries in the region meet the durability requirements of concrete and road superstructure since the quarries used in this study are chosen to reflect the region. Therefore, the aggregate reserves examined in this study can be said to be appropriate for all kinds of concrete production and road upper layers.

**Key words:** Aggregate, Gravel, Concrete, Road Upper Layers, Durability

**Science code:** 624.03.01

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde kıymetli bilgi birikimi, katkı ve desteklerini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İsa YÜKSEL’e teşekkürü bir borç bilirim.

Desteklerinden dolayı jüri üyeleri Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU (ZKÜ) ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih Altun’a (EÜ) teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Sayın Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAK’a, maddi ve manevi desteklerinden dolayı Sayın İsmet YILMAZ’a ve Sayın Semih ARSLAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman her koşulda desteğini benden esirgemeyen çok sevdiğim ağabeyim Sayın Metin KÜÇÜKALİ’ye teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmamın gerçekleşmesinde desteklerinden dolayı; Z.K.Ü Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvar sorumlusu Sayın Cemil Kahveci, Talat Pekmezci, Jeodozi ve Fotoğrametri Mühendisliği Bölümünden Öğretim Görevlisi Hakan ŞAHİN, Uzman Aycan Murat MARANGOZ, Maden Mühendisliği Bölümünden Uzman Serdar YILMAZ ve Araştırma Görevlisi Selçuk SAMANLI, KGM ve Karayolları Kastamonu 15. Bölge Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam ve öğrenim hayatım boyunca her koşulda her türlü desteği sağlayan çok değerli babam Mehmet MURATOĞLU’na, canım annem Yurda MURATOĞLU’na, ve ağabeyim Savaş MURATOĞLU’na teşekkür ederim.

Hazırladığım bu tezi bizlere mutluluk getiren biricik yeğenim Melis MURATOĞLU’na ithaf ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                       |       |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| KABUL: .....                                                          | ii    |
| ÖZET .....                                                            | iii   |
| ABSTRACT .....                                                        | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                                        | vii   |
| İÇİNDEKİLER .....                                                     | viii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                 | xi    |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                               | xiii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                  | xiv   |
| <br>BÖLÜM 1 GİRİŞ .....                                               | <br>1 |
| 1.1 AMAÇ .....                                                        | 2     |
| 1.2 KAPSAM .....                                                      | 3     |
| <br>BÖLÜM 2 ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI .....                        | <br>4 |
| 2.1 ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİK YAPISI .....                            | 4     |
| 2.2 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ .....                                   | 4     |
| 2.3 ÇALIŞMA ALANINDAKİ TAŞ OCAKLARI VE GEOTEKNİK<br>ÖZELLİKLERİ ..... | 10    |
| 2.3.1 Ardıcılık Tepe Taş Ocağı .....                                  | 10    |
| 2.3.2 Kıyıcak Taş Ocağı .....                                         | 10    |
| 2.3.3 Sapça Taş Ocağı .....                                           | 11    |
| 2.3.4 Çuhadaroğlu Taş Ocağı .....                                     | 12    |
| 2.3.5 Akkaya Taş Ocağı .....                                          | 13    |
| 2.3.6 Karlı Köyü Taş Ocağı .....                                      | 14    |
| 2.3.7 Tepelce Taş Ocağı .....                                         | 15    |
| 2.3.8 Gürgenpınarı Taş Ocağı .....                                    | 16    |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.9 Çırdak Taş Ocağı.....                                                 | 17        |
| 2.3.10 Bolkuş Taş Ocağı .....                                               | 18        |
| <b>BÖLÜM 3 AGREGALAR.....</b>                                               | <b>20</b> |
| 3.1 AGREGALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ .....                                     | 21        |
| 3.1.1 Granülometrik Birleşimi (Tane Dağılımı) .....                         | 21        |
| 3.1.2 Tane Dayanımı .....                                                   | 21        |
| 3.1.3 Dona Dayanıklılık .....                                               | 21        |
| 3.1.4 Tane Şekli .....                                                      | 22        |
| 3.1.5 Zararlı Maddeler.....                                                 | 22        |
| 3.2 AGREGALARDAN NUMUNE ALMA.....                                           | 22        |
| 3.2.1 Taş Ocaklarından Numune Alma.....                                     | 22        |
| 3.2.2 Dere Yataklarından Numune Alma.....                                   | 23        |
| 3.2.3 Yığın Halindeki Stoklardan Numune Alma.....                           | 23        |
| 3.3 AGREGA DENEYLERİ.....                                                   | 23        |
| 3.3.1 Elek Analizi Deneyi.....                                              | 23        |
| 3.3.2 0.075 mm Elekten Geçen Malzeme Miktarı (İnce Madde Oranı) Deneyi...24 |           |
| 3.3.3 Birim Ağırlık Deneyi.....                                             | 24        |
| 3.3.4 Özgül Ağırlık Deneyi .....                                            | 24        |
| 3.3.5 Agregada Yassı Malzeme Oranı Tayini .....                             | 25        |
| 3.3.6 Organik Madde Tayini.....                                             | 25        |
| 3.3.7 Kütlece Su Emme Deneyi.....                                           | 26        |
| 3.3.8 Dona Dayanıklılık Deneyi.....                                         | 26        |
| 3.3.9 Aşınma (Los Angeles) Deneyi .....                                     | 27        |
| 3.3.10 Soyulma Deneyi .....                                                 | 28        |
| 3.3.11 Darbe Dayanımı Deneyi.....                                           | 28        |
| 3.3.12 Agregada Kırılma Katsayısı Deneyi .....                              | 29        |
| <b>BÖLÜM 4 AGREGALARIN DURABİLİTESİ .....</b>                               | <b>31</b> |
| <b>BÖLÜM 5 DENEYSEL ÇALIŞMA .....</b>                                       | <b>35</b> |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 MALZEMELER .....                                                                | 35 |
| 5.2 PETROGRAFİK ÖZELLİKLER.....                                                     | 36 |
| 5.2.1 Ardıçlıktepe Taş Ocağı .....                                                  | 36 |
| 5.2.2 Kıyıcak Taş Ocağı .....                                                       | 37 |
| 5.2.3 Sapça Taş Ocağı .....                                                         | 37 |
| 5.2.4 Çuhadaroğlu Taş Ocağı.....                                                    | 38 |
| 5.2.5 Akkaya Taş Ocağı.....                                                         | 39 |
| 5.2.6 Karlı Köyü Taş Ocağı.....                                                     | 40 |
| 5.2.7. Tepelce Taş Ocağı .....                                                      | 41 |
| 5.2.8 Gürgenpınarı Taş Ocağı .....                                                  | 41 |
| 5.2.9 Çırdak Taş Ocağı.....                                                         | 42 |
| 5.2.10 Bolkuş Taş Ocağı .....                                                       | 43 |
| 5.3 KİMYASAL ÖZELLİKLER .....                                                       | 44 |
| 5.4 FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER .....                                            | 45 |
| 5.4.1 Los Angeles (Aşınma) Deneyi .....                                             | 45 |
| 5.4.2 Darbe Dayanımı (İmpact Value) Deneyi .....                                    | 47 |
| 5.4.3 Kırılma Katsayısı (Crushing Value) Deneyi.....                                | 49 |
| 5.4.5 Sodyum Sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ile Dona Dayanıklılık Deneyi ..... | 52 |
| 5.4.6 Soyulma Deneyi .....                                                          | 53 |
| 5.4.7 Özgül Ağırlık Deneyi.....                                                     | 55 |
| 5.5 DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....                                      | 56 |
| <br>BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                                               | 62 |
| 6.1 SONUÇLAR.....                                                                   | 62 |
| 6.2 ÖNERİLER.....                                                                   | 63 |
| <br>KAYNAKLAR.....                                                                  | 65 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                       | 68 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                                              | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2.1 İnceleme alanı ve yakın çevresine ait 1/500000 ölçekli genel jeoloji haritası..... | 5            |
| 2.2 İnceleme alanı genel jeoloji haritasına ait açıklamalar.....                       | 6            |
| 2.3 Çalışma alanı ve seçilen taş ocakları.....                                         | 9            |
| 2.4 Ardıçlıktepe taş ocağı itineri.....                                                | 10           |
| 2.5 Kıyıcak taş ocağı itineri.....                                                     | 11           |
| 2.6 Sapça taş ocağı itineri.....                                                       | 12           |
| 2.7 Çuhadaroğlu taş ocağı itineri.....                                                 | 13           |
| 2.8 Akkaya taş ocağı itineri.....                                                      | 14           |
| 2.9 Karlı köyü taş ocağı itineri.....                                                  | 15           |
| 2.10 Tepelce taş ocağı itineri.....                                                    | 16           |
| 2.11 Gürgenpınarı taş ocağı itineri.....                                               | 17           |
| 2.12 Çırdak taş ocağı itineri.....                                                     | 18           |
| 2.13 Bolkuş taş ocağı itineri.....                                                     | 19           |
| 3.1 Los Angeles deney aleti.....                                                       | 27           |
| 3.2 Darbe dayanımı deney aleti.....                                                    | 29           |
| 3.3 Kırılma katsayısı deney aletleri.....                                              | 30           |
| 3.4 Prese yerleştirmiş kırılma katsayısı deney düzeneği.....                           | 30           |
| 4.1 Agreg a özellikleri ve bunların betona etkiye biçimleri.....                       | 33           |
| 5.1 Gruplandırılmış deney numuneleri.....                                              | 35           |
| 5.2 Aşınma görmüş deney numunesi.....                                                  | 45           |
| 5.3 Yerine yerleştirilmiş çelik silindir kap.....                                      | 47           |
| 5.4 Agreg a numunesinin basınç altında sıkıştırılması.....                             | 49           |
| 5.5 400 kN yük altında sıkıştırılmış agreg a numunesi.....                             | 50           |
| 5.6 Agreg a numunesinin sodyum sülfat çözeltisinde kür edilmesi .....                  | 52           |
| 5.7 Etüvden çıkartılan karışımın petri kabına aktarılması.....                         | 54           |
| 5.8 Mıcır yüzeylerinin ışık altında gözle incelenmesi.....                             | 54           |
| 5.9 Los Angeles aşınma dayanımı ile darbe ve kırılma dayanımı arasındaki ilişki.....   | 57           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u>                                                        | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.10 Su emme oranı ile mekanik dayanım arasındaki ilişki.....    | 58           |
| 5.11 Su emme oranı ile don dayanımı arasındaki ilişki.....       | 59           |
| 5.12 Soyulma dayanımı ile mekanik dayanım arasındaki ilişki..... | 60           |
| 5.13 Özgöl ağırlık ile mekanik dayanım arasındaki ilişki.....    | 61           |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u>                                                    | <u>Sayfa</u> |
|--------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.1 Ardıçlıktepe taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları..... | 36           |
| 5.2 Kıyıcak taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....      | 37           |
| 5.3 Sapça taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....        | 38           |
| 5.4 Çuhadaroğlu taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....  | 38           |
| 5.5 Akkaya taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....       | 39           |
| 5.6 Karlı köyü taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....   | 40           |
| 5.7 Tepelce taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....      | 41           |
| 5.8 Gürgenpınarı taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları..... | 42           |
| 5.9 Çırdak taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....       | 43           |
| 5.10 Bolkuş taş ocağı petroğrafik analiz sonuçları.....      | 44           |
| 5.11 Taş ocaklarına ait kimyasal analiz sonuçları.....       | 44           |
| 5.12 Los Angeles aşınma deneyi sonuçları.....                | 46           |
| 5.13 Agregada darbe dayanımı deneyi sonuçları.....           | 48           |
| 5.14 Agregada kırılma katsayısı deneyi sonuçları.....        | 50           |
| 5.15 Agregada su emme deneyi sonuçları.....                  | 51           |
| 5.16 Donatı dayanıklılık deneyi sonuçları.....               | 53           |
| 5.17 Soyunma dayanımı deneyi sonuçları.....                  | 54           |
| 5.18 Agregada özgül ağırlık deneyi sonuçları.....            | 55           |

## **SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

|       |   |                                                              |
|-------|---|--------------------------------------------------------------|
| $M_1$ | : | Numunenin ilk ağırlığı                                       |
| $M_2$ | : | İşlem görmüş numunenin elek üzerinde kalan kısmının ağırlığı |
| $M_3$ | : | İşlem görmüş numunenin elekten geçen kısmının ağırlığı       |
| $M_4$ | : | Numunenin doygun yüzey kuru ağırlığı                         |
| $M_5$ | : | Numunenin etüv kurusu ağırlığı                               |
| $M_6$ | : | Numunenin sudaki ağırlığı                                    |

## **KISALTMALAR**

|      |   |                                            |
|------|---|--------------------------------------------|
| ASTM | : | American Society for Testing and Materials |
| BS   | : | British Standards                          |
| TS   | : | Türk Standardı                             |
| TSE  | : | Türk Standartları Enstitüsü                |
| TCK  | : | Türkiye Cumhuriyeti Karayolları            |
| YKSD | : | Yüzey Kuru Suya Doygun                     |

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnşaat sektöründe kullanılan taşlar aynen diğer madenler gibi tükenen doğal kaynaklardandır [1]. Yeryüzünde çeşitli şekillerde bulunan taşlar elde edilişlerine göre Doğal ve Yapay taşlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar. Doğal olarak elde edilen taşların; son yıllarda doğa bilincinin gelişmesi, turizmin büyük atak yapması ve benzeri nedenlerle dere yataklarından, nehirlerden ve deniz kıyılarından temini imkânsız hale gelmiştir [1]. Taşların doğal yoldan temininde yaşanan sıkıntılardan ve özellikle günümüzde hazır beton sektörünün gelişimi ve bölünmüş yollar hamlesinin başlaması ile birlikte buralarda kullanılacak çeşitli taş veya taş ürünlerinin temini büyük önem kazanmıştır. Bundan dolayı, inşaat sektörü taş ocaklarından çeşitli kırıcılar vasıtasıyla kırılarak elde edilen kırmataş alternatifine yönelmiştir. Kırmataşlar, kum ve çakılla beraber inşaat sektöründe ve diğer sanayi kollarında en çok kullanılan doğal taşlardır [2].

2003 yılı itibariyle dünyada doğaltaş üretimi 75 milyon tondur. Dünyada doğaltaş üretimi her geçen yıl artmaktadır ve bu artış oransal olarak Türkiye'nin gerisinde kalmıştır. Yıllık 6 milyon ton'luk üretimi ile Türkiye dünya doğaltaş üretiminin % 8'ini karşılar duruma gelmiştir. Doğaltaşı en fazla kullanan ülkeler sıralamasında taş kültürü yerleşmiş ABD, Japonya, Çin, İtalya, İspanya senelere göre ilk sıraları paylaşmaktadır [3]. Dünyada doğaltaş üretimi, dolayısı ile kullanımı 2005–2015 arasında yaklaşık % 50, 2010–2025 arasında da % 100'lük bir artış göstermesi beklenmektedir. Büyük bir olasılıkla Türkiye var olan rezerv, tür ve kalite zenginliği ile bu oranların da üzerinde bir artış sergileyecektir [4].

Taş ocaklarından elde edilen taşlar günümüzde özellikle beton yapımında ve karayollarının inşasında kullanılmaktadır [2]. Ancak özellikle daha büyük boyuttaki kırmataşlar (iri kırmataş > 63 mm); yol kaplamalarının altında temel ve alt temel malzemesi olarak, demiryolu ulaşımında ise ray ve traverslere destek görevi amacıyla balast taşı olarak

kullanılmaktadır. Bunun yanında tane büyüklüklerine göre taşlar liman ve deniz dolgularında, yol kenarı şevlerin stabilitesini (duraylılığını) sağlamak üzere yol kenarlarında ve bahçe duvarlarında da kullanılırlar. Beton hacminin yaklaşık % 70'ini oluşturan agregaların genel özelliklerinin, betonun işlenebilirliğine, performansına ve durabilitesine etkisinin büyük olduğu bilinmektedir [5]. İyi bir beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerekir. Bu açıdan bakıldığında iyi bir beton için agreganın fiziksel, kimyasal, mineralojik, petrografik ve mekanik özelliklerinin yanında dayanıklılık (durabilite) özellikleri de betonun performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Kırmataşlar karayolu kaplamalarında kullanılan en ideal agregadır. Karayolu yapımında kullanılan agregaların % 90' lık bir bölümü temel malzemesi olarak yolun alt kısmında geri kalan % 10' luk kısım ise mıcır olarak yol üst yapısında kullanılmaktadır [6]. Trafik hacmindeki artışlar ve üretim hataları, yollardan beklenen hizmet ömrünü düşürmekte, yorulma ve düşük sıcaklık çatlakları gibi bozulmalara sebep olmaktadır. Kaplamanın öngörülen ömür ve konfor düzeyini sağlaması, bitümlü bağlayıcının ve agregaların özelliklerine bağlıdır [7]. Karayolu üstyapısında kullanılan agregaların trafik yüklerini taşıması, bu yükleri yol tabanına aktarması ve bunun yanında iklim koşullarına doğrudan maruz kalmasından dolayı aşınma, yorulma ve don tesirleri gibi etkilere karşı dirençli olması gerekmektedir.

Görüldüğü gibi agregalar inşaat sektörünün hangi alanında kullanılırsa kullanılsın kullanım yeri ve amacına göre sağlaması gereken şartları karşılamalıdır. Bundan dolayı taşların mühendislik özelliklerinin bilinmesi ve araştırılması önemli bir çalışma konusudur.

## **1.1 AMAÇ**

Bu çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu bölgede yer alan illerin sosyal ve ekonomik açıdan gelişmesi konut ve yol ihtiyaçlarını artırmaktadır. Diğer taraftan, Karadeniz sahil otoyolunun Batı Karadeniz'i içine alarak devam etme olasılığının olması inşaat sektörünü bu bölgede hareketli günlerin beklediğini göstermektedir.

Bu çalışma ile Batı Karadeniz Bölgesinde faal olarak işletilen çeşitli taş ocaklarından elde edilen kırmataşların, beton üretiminde ve karayolu inşaatlarında kullanıma uygunluğunun araştırılması amaçlanmıştır. Böylece, Batı Karadeniz Bölgesindeki taş ocaklarının genel karakteristikleri ve dayanıklılık özellikleri ortaya konulmuştur. Uygun taş ve agregaların

kullanımı ile beton ve asfalt yollarda kalitenin yükseltilmesine de katkı sağlanmış olacaktır.

## **1.2 KAPSAM**

Çalışmada, taş ocakları Batı Karadeniz'in genelini temsil edecek şekilde seçilmiştir. Bu ocaklardan alınan numunelerle dayanıklılık özelliklerini temsil eden aşınma, kırılma, darbe, donma-çözülme ve soyulma deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler esas olarak Z.K.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmış olup; bir kısmı ise TCK Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Daire Başkanlığı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Deney sonuçları mevcut standartlarda verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak uygunluk değerlendirilmesi de yapılmıştır.

## **BÖLÜM 2**

### **ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI**

#### **2.1 ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİK YAPISI**

Batı Karadeniz bölgesi doğuda Orta Karadeniz bölgesi, batıda Marmara bölgesi, güneyde ise İç Anadolu bölgesi ile komşu olan bir bölgedir. Bölgenin kuzeyinin tamamı sahil şerididir. Bölge idari bakımdan Zonguldak, Kastamonu, Karabük, Bartın, Sinop, Düzce ve Bolu illerini kapsamaktadır. Batı Karadeniz bölgesi ülkemizin coğrafi yapısı yönünden en engebeli ve dağlık bölgelerinden biridir. Ulaşım yönünden hem karayolu hem de demir yolu ağları mevcut olup kış aylarında ulaşım, arazi yapısı bakımından özellikle bazı kesimlerde güçlükle yapılmaktadır. İklimi tipik Karadeniz iklimi olup yazları nemli ve ılık, kışları soğuk ve yağışlı, baharları bol yağışlıdır. Bölgede bitki örtüsü gelişmiştir ve çok sık orman toplulukları mevcuttur. Bölgedeki doruklar genellikle Kuzeydoğu-Güneybatı gidişlidir. Bölgede yer alan kilitaşı, siltilaşı, volkanik birimler ile metomorfik birimler suyu tuttıkları için yüzeysel sellenmelere fazla rastlanır. Bölgede sanayileşme yönünden ağır çelik sanayi göze batmaktadır. Karadeniz Ereğli ilçesi ve Karabük illerindeki demir çelik fabrikaları halen faal olarak üretim yapmaktadırlar.

#### **2.2 ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ**

İnceleme alanının yer aldığı Kuzeybatı Anadolu Havzası tektonik olarak, Batı Pontid Tektonik Kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Bölgede Silüriyen'den Kuvarterner'e kadar birçok istifin yer aldığı görülmektedir [8]. İnceleme alanı ve yakın çevresine ait 1/500.000 ölçekli genel jeoloji haritası Şekil 2.1'de, harita ile ilgili açıklamalar ise Şekil 2.2'de verilmiştir [9]. Bartın Boğazı çevresi Üst Silüriyen ve Üst Devoniyen yaşlı çökellerden, Zonguldak ve Amasra dolayları ise kömürlü üst karboniferlerden meydana gelmiştir. Silüriyen fazlaca derin olmayan delta ortam koşullarını göstermektedir. İnceleme alanında fazlaca yer kaplamayan silüriyen yaşlı birimler karbonatlar ve kırıntılı kayalardan oluşmaktadır [8].



Şekil 2.1 İnceleme alanı ve yakın çevresine ait 1/500.000 ölçekli genel jeoloji haritası.



## AÇIKLAMALAR / GEOLOGICAL EXPLANATIONS

### SEDİMENTER KAYALAR / SEDIMENTARY ROCKS

|                                                                        |                   |                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KUVATERNER<br>QUATERNARY                                               | Q                 | Ayrılmamış Kuvaterner<br>Undifferentiated Quaternary                                                                                                    |
| KUVATERNER<br>QUATERNARY                                               | Q                 | Alüvyon yelpazesi, yamaç molozu, biriktirici vb.<br>Alluvial fan, slope debris, cone of deposition etc.                                                 |
| ÜST MİYOSEN<br>UPPER MIOCENE                                           | m <sub>1</sub>    | Evaporitli sedimenter kayalar<br>Evaporite sedimentary rocks                                                                                            |
| PLİYOSEN<br>PLIOCENE                                                   | pI                | Ayrılmamış karasal kıvrımlılar<br>Undifferentiated continental clastic rocks                                                                            |
| ÜST MİYOSEN - PLİYOSEN<br>UPPER MIOCENE - PLIOCENE                     | m <sub>1</sub> pI | Evaporitli sedimenter kayalar<br>Evaporite sedimentary rocks                                                                                            |
| ALT - ORTA MİYOSEN<br>LOWER - MIDDLE MIOCENE                           | m <sub>1-2</sub>  | Gölse kireçtaşı, marl, şeyl vb.<br>Lacustrine limestone, marl, shale etc.                                                                               |
| OLİGOSEN - ALT MİYOSEN<br>OLIGOCENE - LOWER MIOCENE                    | o <sub>1m</sub>   | Evaporitli sedimenter kayalar<br>Evaporite sedimentary rocks                                                                                            |
| ORTA - ÜST EOSEN<br>MIDDLE - UPPER EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Neritlik kireçtaşı (yer yer kırıklı)<br>Neritic limestone (clastic rocks in places)                                                                     |
| ORTA - ÜST EOSEN<br>MIDDLE - UPPER EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| ORTA - ÜST EOSEN<br>MIDDLE - UPPER EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Karasal kırntıllar<br>Continental clastic rocks                                                                                                         |
| ALT - ORTA EOSEN<br>LOWER - MIDDLE EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Neritlik kireçtaşı<br>Neritic limestone                                                                                                                 |
| ALT - ORTA EOSEN<br>LOWER - MIDDLE EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| ALT - ORTA EOSEN<br>LOWER - MIDDLE EOCENE                              | e <sub>2-3</sub>  | Kırntıllar (yer yer karasal)<br>Clastic rocks (continental places)                                                                                      |
| PALEOSEN<br>PALEOCENE                                                  | pn                | Karasal kırntıllar<br>Continental clastic rocks                                                                                                         |
| ÜST KRETASE - EOSEN<br>UPPER CRETACEOUS - EOCENE                       | k <sub>2</sub> e  | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| ÜST KRETASE - PALEOSEN<br>UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE                 | k <sub>2</sub> pn | Kırntıllar ve karbonatlar (bloklı fiş)<br>Clastic and carbonate rocks (wild flysch)                                                                     |
| ÜST KRETASE - PALEOSEN<br>UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE                 | k <sub>2</sub> pn | Neritlik kireçtaşı (yer yer kırıklı)<br>Neritic limestone (clastic rocks in places)                                                                     |
| SENONİYEN<br>SENONIAN                                                  | k <sub>2</sub> s  | Volkanitler ve sedimenter kayalar<br>Volcanic and sedimentary rocks                                                                                     |
| ALT KRETASE<br>LOWER CRETACEOUS                                        | k <sub>2</sub>    | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| KRETASE<br>CRETACEOUS                                                  | k <sub>2</sub>    | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| ÜST KRETASE<br>UPPER CRETACEOUS                                        | k <sub>2</sub>    | Kırntıllar ve karbonatlar<br>Clastic and carbonate rocks                                                                                                |
| ÜST KRETASE<br>UPPER CRETACEOUS                                        | k <sub>2</sub>    | Pelajik kireçtaşı<br>Pelagic limestone                                                                                                                  |
| ÜST JURA - ALT KRETASE<br>UPPER JURASSIC - LOWER CRETACEOUS            | k <sub>2</sub>    | Neritlik kireçtaşı<br>Neritic limestone                                                                                                                 |
| ÜST JURA - ALT KRETASE<br>UPPER JURASSIC - LOWER CRETACEOUS            | k <sub>2</sub>    | Pelajik kireçtaşı<br>Pelagic limestone                                                                                                                  |
| ALT - ORTA JURA<br>LOWER - MIDDLE JURASSIC                             | k <sub>2</sub>    | Karbonatlar ve kırntıllar (yer yer karasal)<br>Carbonate and clastic rocks (continental in places)                                                      |
| ALT - ORTA JURA<br>LOWER - MIDDLE JURASSIC                             | k <sub>2</sub>    | Volkanitler ve sedimenter kayalar<br>Volcanic and sedimentary rocks                                                                                     |
| PERMO - TRİYAS<br>PERMO - TRIASSIC                                     | k <sub>2</sub>    | Karasal kırntıllar<br>Continental clastic rocks                                                                                                         |
| ÜST KARBONİFER<br>UPPER CARBONIFEROUS                                  | c <sub>2</sub>    | Kırntıllar (kömürlü)<br>Clastic rocks (coaly)                                                                                                           |
| ALT - ORTA DEVONİYEN<br>LOWER - MIDDLE DEVONIAN                        | d <sub>2</sub>    | Karbonatlar ve kırntıllar<br>Carbonate and clastic rocks                                                                                                |
| ÜST DEVONİYEN - ALT KARBONİFER<br>UPPER DEVONIAN - LOWER CARBONIFEROUS | d <sub>2</sub>    | Karbonatlar ve kırntıllar (genellikle Orta Devoniyen - Alt Karbonifer)<br>Carbonate and clastic rocks (generally Middle Devonian - Lower Carboniferous) |
| SİLÜRİYEN - ALT DEVONİYEN<br>SILURIAN - LOWER DEVONIAN                 | d <sub>2</sub>    | Karbonatlar ve kırntıllar (genellikle Üst Ordovisiyen - Alt Devoniyen)<br>Carbonate and clastic rocks (generally Upper Ordovician - Lower Devonian)     |
| ORDOVİSİYEN<br>ORDOVICIAN                                              | d <sub>2</sub>    | Kırntıllar<br>Clastic rocks                                                                                                                             |
| ORDOVİSİYEN<br>ORDOVICIAN                                              | d <sub>2</sub>    | Karasal kırntıllar<br>Continental clastic rocks                                                                                                         |

### VOLKANİK KAYALAR / VOLCANIC ROCKS

|                                                        |                  |                                                              |
|--------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| ÜST MİYOSEN<br>UPPER MIOCENE                           | m <sub>1</sub> p | Bazalt<br>Basalt                                             |
| ALT - ORTA MİYOSEN<br>LOWER - MIDDLE MIOCENE           | m <sub>1</sub> p | Ayrılmamış volkanitler<br>Undifferentiated volcanic rocks    |
| ALT - ORTA MİYOSEN<br>LOWER - MIDDLE MIOCENE           | m <sub>1</sub> p | Piroklastikler<br>Pyroclastic rocks                          |
| EOSEN<br>EOCENE                                        | e <sub>2</sub>   | Ayrılmamış volkanitler<br>Undifferentiated volcanic rocks    |
| PALEOSEN<br>PALEOCENE                                  | pn               | Ayrılmamış volkanitler<br>Undifferentiated volcanic rocks    |
| ÜST KRETASE - PALEOSEN<br>UPPER CRETACEOUS - PALEOCENE | k <sub>2</sub> p | Bazalt, spilit, andezit vb.<br>Basalt, spilit, andesite etc. |

### PLUTONİK KAYALAR / PLUTONIC ROCKS

|                            |   |                           |
|----------------------------|---|---------------------------|
| DOĞER<br>DOĞER             | g | Granitoid<br>Granitoid    |
| PREKAMBİYEN<br>PRECAMBRIAN | g | Metagranit<br>Metagranite |

### METAMORFİK KAYALAR / METAMORFIC ROCKS

|                                      |   |                                                                                                                                               |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TRİYAS - JURA<br>TRIASSIC - JURASSIC | s | Şist, mermer, metabazit, vb.<br>Schist, marble, metabasite, serpentinite etc.                                                                 |
| PALEOZOYİK<br>PALEOZOIC              | m | Mermer<br>Marble                                                                                                                              |
| PREKAMBİYEN<br>PRECAMBRIAN           | g | Ayrılmamış gneys, schist, miş matit, metagranit, amfibolit vb.<br>Undifferentiated gneiss, schist, mica schist, metagranite, amphibolite etc. |

### OFİYOLİTİK KAYALAR / OPHIOLITIC ROCKS

|                                 |                  |                                                                                       |
|---------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ÜST KRETASE<br>UPPER CRETACEOUS | k <sub>2</sub> p | Yastık lav ve sedimenter<br>Pillow lava and sedimentary rocks                         |
| MESOZOYİK<br>MESOZOIC           | o                | Ayrılmamış bazik ve ultrabazik kayalar<br>Undifferentiated basic and ultrabasic rocks |

### İŞARETLER / SYMBOLS

|     |                                                                                          |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------|
| —   | Dokanak<br>Contact                                                                       |
| —   | Ters fay (bindirme)<br>Reverse fault                                                     |
| —   | Sürükünim<br>Overthrust                                                                  |
| —   | Düsey fay<br>Vertical fault                                                              |
| —   | Tamamlanmamış fay<br>Unfinished fault                                                    |
| —   | Aktif fay<br>Active fault                                                                |
| —   | Olası aktif fay<br>Probable active fault                                                 |
| —   | Birinci derece karayolu<br>First grade road                                              |
| —   | İkinci derece karayolu<br>Second grade road                                              |
| —   | Demiryolu<br>Railway                                                                     |
| ●   | İller<br>City                                                                            |
| ●   | Nüfusu 10.000'den fazla olan şehirler<br>Districts that have population more than 10.000 |
| ○   | Nüfusu 10.000'den az olan şehirler<br>Districts that have population less than 10.000    |
| ⊕   | Petrol ve gaz arama kuyuları<br>Oil and gas exploration wells                            |
| Fe  | Demir<br>Iron                                                                            |
| Al  | Boksit<br>Bauxite                                                                        |
| Mn  | Manganez<br>Manganese                                                                    |
| Cu  | Bakır<br>Copper                                                                          |
| Pb  | Kurşun<br>Lead                                                                           |
| Zn  | Cinko<br>Zinc                                                                            |
| Cr  | Krom<br>Chromite                                                                         |
| Lin | Linyit<br>Lignite                                                                        |
| Ni  | Nikel<br>Nickel                                                                          |

Şekil 2.2 İnceleme alanı genel jeoloji haritasına ait açıklamalar.

Bölgenin temelini oluşturan Üst Silüriyen kırıntıları, Devoniyen kırıntıları ile geçişlidir. Devoniyen yaşlı formasyonlar kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmuştur. Bölgede Silüriyen



mavimsi-siyah renkli kireçtaşları ile ardalanmalı olarak, siyah şeyllerden oluşmakta ve alt birimleri açısız uyumsuzluk ile örtmektedir. Devoniyen serileri, tabanda kuvars kumtaşı egemen olan çamurtaşı, fosilli kireçtaşı arabantları ve üstlere doğru oolitik demir içeren katmanlardan oluşmaktadır [8]. Devoniyen sonlarına doğru deniz sığlaşmış ve daha da ısınmıştır. Bunun sonucu olarak geniş zaman aralığında resifal karbonatlar çökelmiştir.

Yılanlı Formasyonu çalışma alanının kuzeyinde görülen ve adını Bartın çayının denize döküldüğü yerdeki burundan alan bir formasyondur. Zonguldak Karbonifer mostrasının güney kanadından, Bartın ve Karabük illeri kuzey alanlarını içeren geniş bir alana yayılmıştır. Bundan dolayı kaya türü yönünden farklı özellikler göstermektedir. Yılanlı Formasyonu gri renkli, düzgün tabakalı, genellikle kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı ardalanmalarından meydana gelir. Bu birim içerisinde yer yer üstlere doğru artan bir silis girdisi, çört nodülleri daha sonra da çört bantları meydana getirmiştir. Organik maddece zengin olmasından dolayı hidrokarbon yönünden çatlakları ve poroz alanlarında önemli zenginleşmeler (Kokaksu, Bartın kuzeyi) bulunmaktadır. Karasal getirimler sonucu kumtaşı, iri kumtaşı, kiltası, silttaşı ardalanmalı, nadir kireçtaşı merceklerinin bulunduğu, yaprak kırıntılı ve izlerinin bol olduğu nadir kömür damarlarının bulunduğu Alacaagzı Formasyonu yer almaktadır.

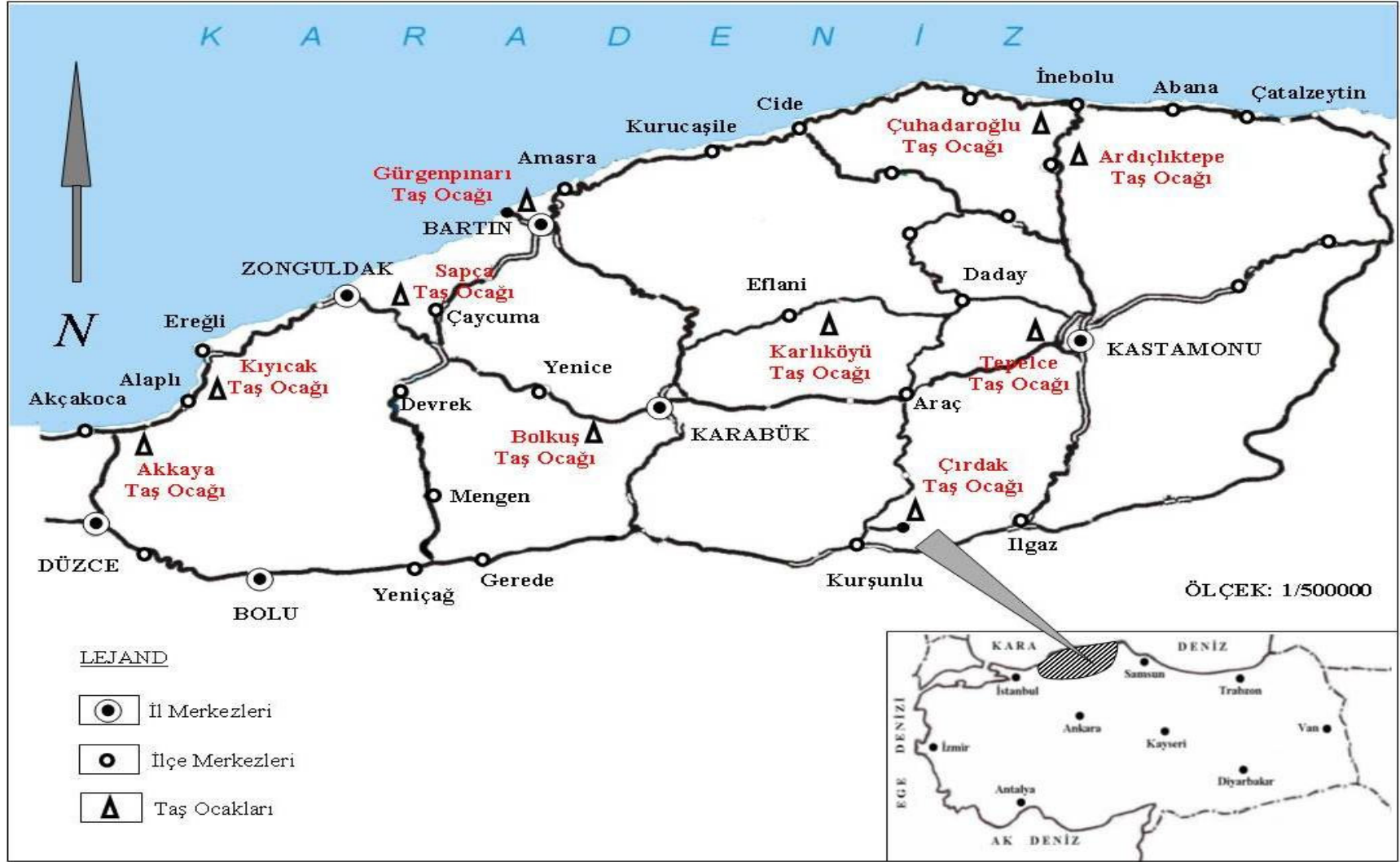
Sapça formasyonu Ereğli - Cemaller arasında çok ince bir bant halinde mevcut olup ve daha çok doğuda Zonguldak Paleozoyiğinin güney kesimlerinde kalınlaşır. Sapça formasyonu kumtaşı, kiltası, silttaşı ve kumlu kireçtaşı ardalanmasından meydana gelen bir istiftir. Bartın ve Cide arasındaki kısımda Alacaagzı Formasyonu gibi konkresyon taşıyan kumtaşı, silttaşı ve kiltası orta kesimlerinde bir konglomera seviyesi taşıyan Liyas-Dogger yaşlı Himmetpaşa Formasyonu bulunmaktadır.

Bölgedeki Permo-Triyas yaşlı birimler, karasal ve sığ denizel ortamda çökelmiş olup kendisinden yaşlı birimler üzerine açısız uyumsuzluk ile gelmektedir. Bölgede Mesozoyik'in ilk çökelimi Jura'da başlamış olup, Liyas yaşlı kumtaşları ile mevcut topoğrafyanın çukurluklarını doldurmuştur. Orta-Üst Jura ve Kratese'de deniz ilerlemiş Alt Jura'da kara halinde olan alanları kaplamıştır. Üst Kratese'de havza tümüyle derinleşmiş ve filiş çökelmiştir. Üst Kratese başlarında kemerlenme ve blok faylaşma ile havza tümüyle derinleşmiş, Üst Kratese ortalarında ise en derin halini almıştır. Bölgenin Zonguldak yöresinde Kratese birimleri doğuya doğru daha geniş alanlar kaplamakta,

kalınlıkları artmakta ve kaya tipleri çeşitlenmektedir. Formasyon sınırlarının, bazı yerlerde keskin dokunaklı iken, bazı yerlerde de dereceli olarak geçişle başlaması ve tüflü seviyeler içermesi blok faylaşma nedenindendir.

İnceleme alanındaki tüm birimlerin üzerini Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri ve yamaç molozları örtmektedir. Dere ve çay yataklarında bazen ince şeritler bazen de geniş alanlar kaplayan alüvyon oluşukları, değişik kayaçların kil, silt, kum, çakıl ve bloklarını kapsamaktadır. Yamaç molozu, inceleme alanında yüksek dağların yamaçları ve eteklerinde; plaj çökelleri ise önemli dere ve çayların deniz ile bileşim yerlerinde yer almaktadır [8].

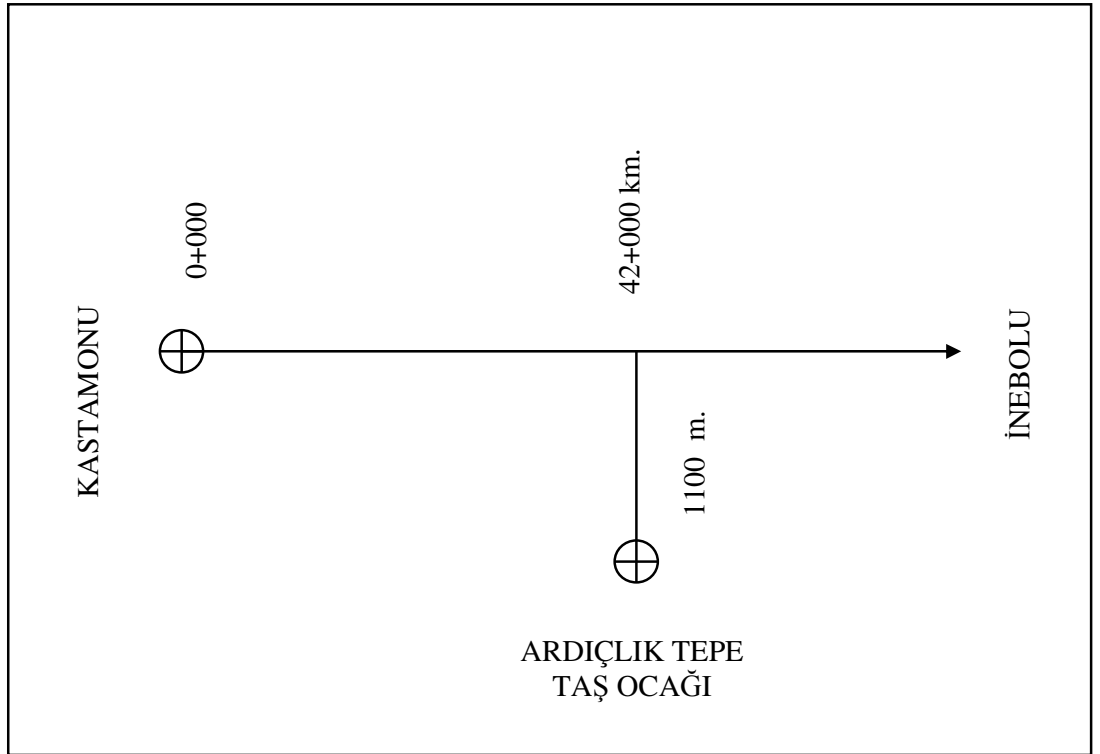
İnceleme alanı aktif olan dorultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın kuzeyinde yer almaktadır. Batı Karadeniz bölgesi, orojenik hareketlerin etkisinde kalarak yoğun kıvrımlaşma ve kırılanmaya uğramıştır. Bölgede uzun ve devamlı bindirme fayları E-W veya NE-SW doğrultulu gelişmişlerdir. Bu fayların nedeni N-S veya NW-SE yönlü sıkışma veya gerilmeleridir. Bölgede gözlenen doğrultu atımlı faylar ise kompresif ve tansiyonel kuvvetler sonucu oluşan normal ve ters fayların kenarlarında oldukça küçük ölçekli atımları olan fazlaca önemsenmeyen atımlar oluşturmaktadır [10]. Çalışmaya konu taş ocakları Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu taş ocakları batıdan doğuya doğru sırasıyla Akkaya, Kıyıcak, Sapça, Gürgenpınarı, Bolkuş, Karlıköyü, Çırdak, Tepelce, Çuhadaroğlu ve Ardıçlıktepe taş ocaklarıdır.



## 2.3 ÇALIŞMA ALANINDAKİ TAŞ OCAKLARI VE GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

### 2.3.1 Ardıçlık Tepe Taş Ocağı

Ardıçlık Tepe taş ocağı Kastamonu – İnebolu yolunun 42+000 km sinde sağa 1100 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 1.440.000 m<sup>3</sup> olup ocağın boyu: 600 m., eni: 300 m. ve yüksekliği 8 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi gri sarımtırak renkli kalker taşıdır. Taş ocağı çok çatlaklı, çatlak genişliği 1–10 cm çatlak aralığı 0,20–3 m arasında çatlak aralıkları kil dolgululu bazı kesimlerde üst kısımlara doğru kum taşları olan bir yapıya sahiptir. Şekil 2.4’de Ardıçlıktepe taş ocağı itineri gösterilmiştir.

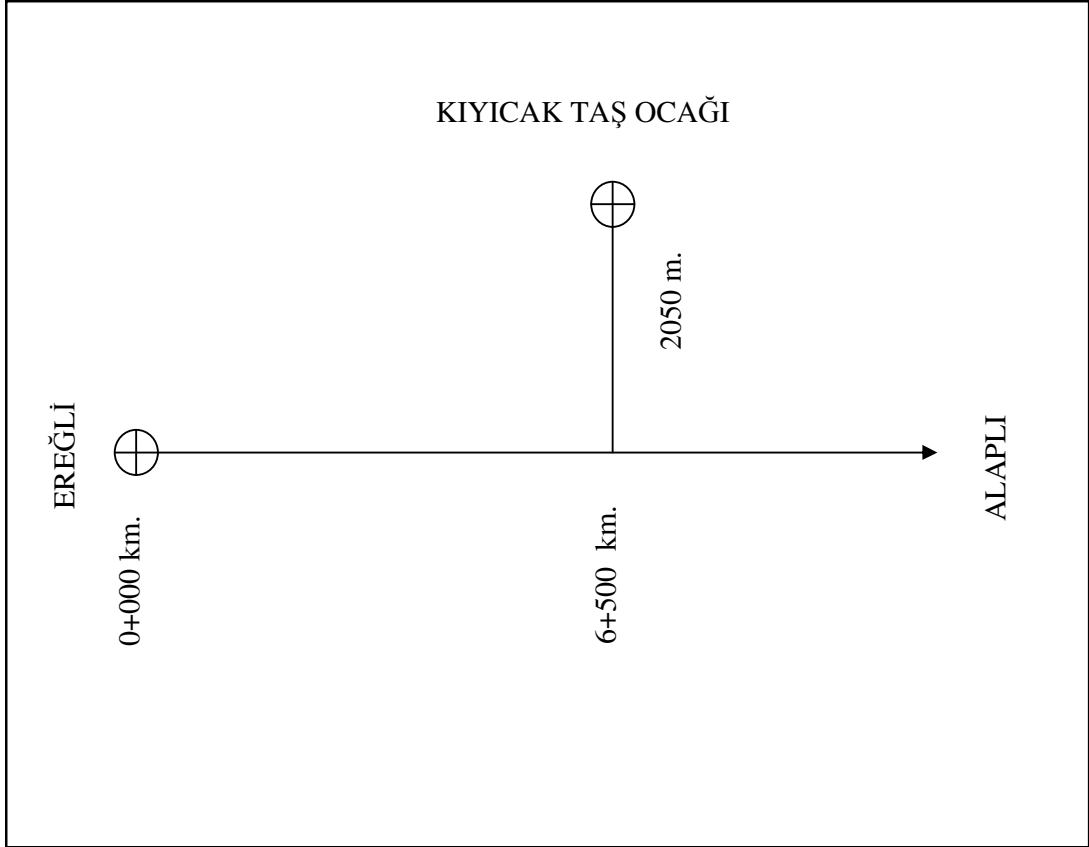


Şekil 2.4 Ardıçlıktepe taş ocağı itineri.

### 2.3.2 Kıyıcak Taş Ocağı

Kıyıcak taş ocağı Ereğli – Alaplı yolunun 6+500 km sinde sola 2050 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 100.000 m<sup>3</sup> olup ocağın

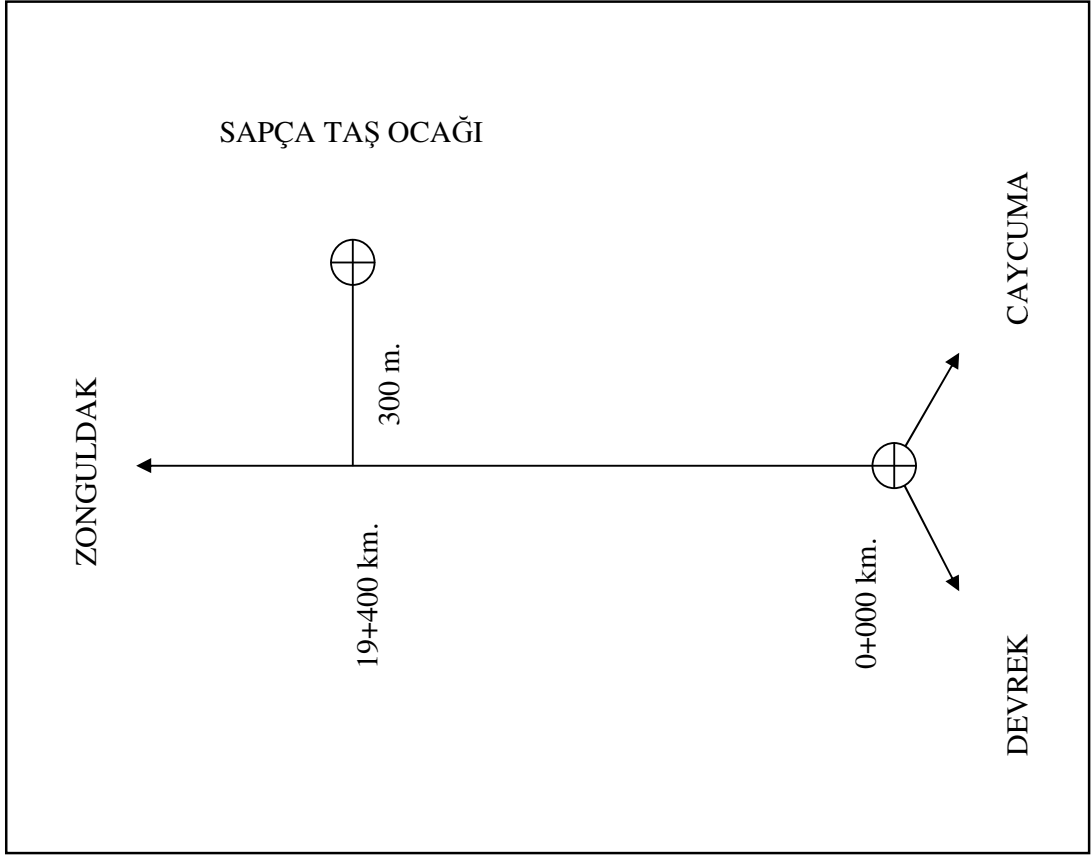
boyu: 50 m., eni: 100 m. ve yüksekliği 20 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi siyah, beyaz ve sarı renklere sahip kalker taşıdır. Taş ocağı eğimli tabakalardan oluşan ve yer yer kil bantlarına sahip bir yapıdadır. şekil 2.5’de Kıyıcak taş ocağı itineri gösterilmiştir.



şekil 2.5 Kıyıcak taş ocağı itineri.

### 2.3.3 Sapça Taş Ocağı

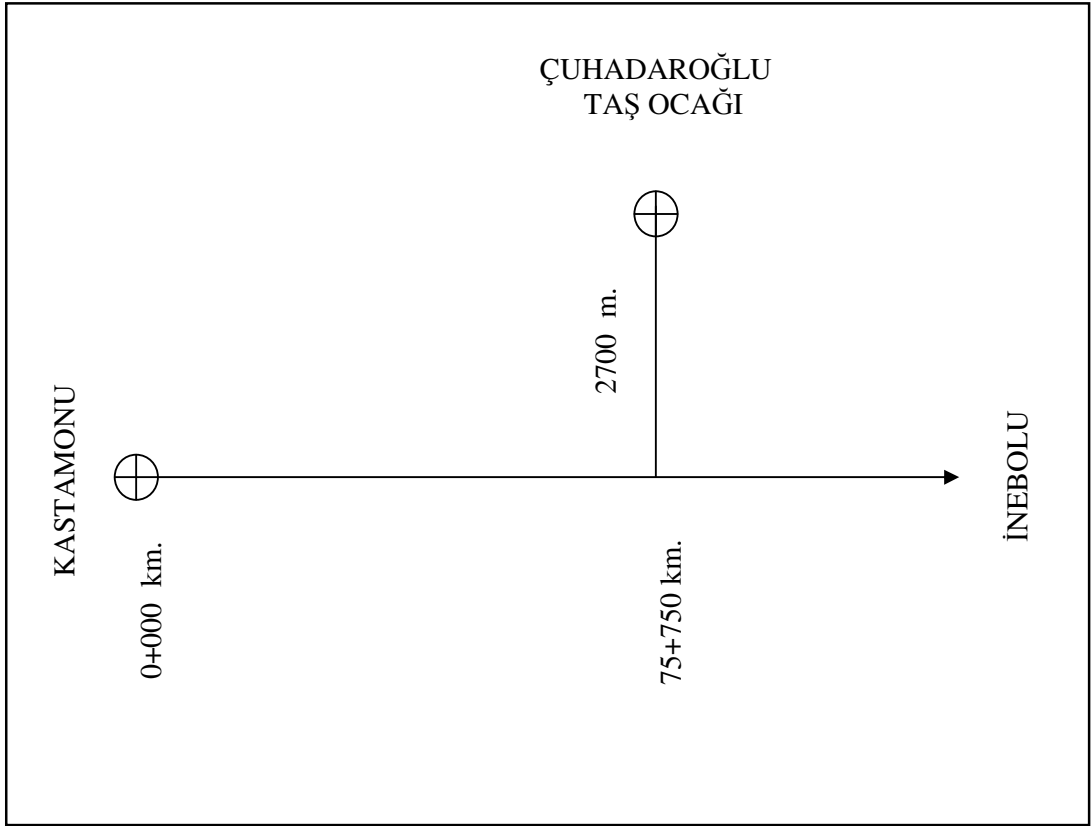
Sapça taş ocağı (Çaycuma – Devrek ayrımı)– Zonguldak yolunun 19+400 km sinde sağa 300 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 1.000.000 m<sup>3</sup> olup ocağın boyu: 250 m., eni: 100 m. ve yüksekliği 40 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi grimsi boz renklere sahip kalker taşıdır. Taş ocağı; seyrek çatlaklı, çatlak aralıkları kalsit ve yer yer kil dolgulu bir yapıya sahiptir. şekil 2.6’da Sapça taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Sapça taş ocağı itineri.

#### 2.3.4 Çuhadaroğlu Taş Ocağı

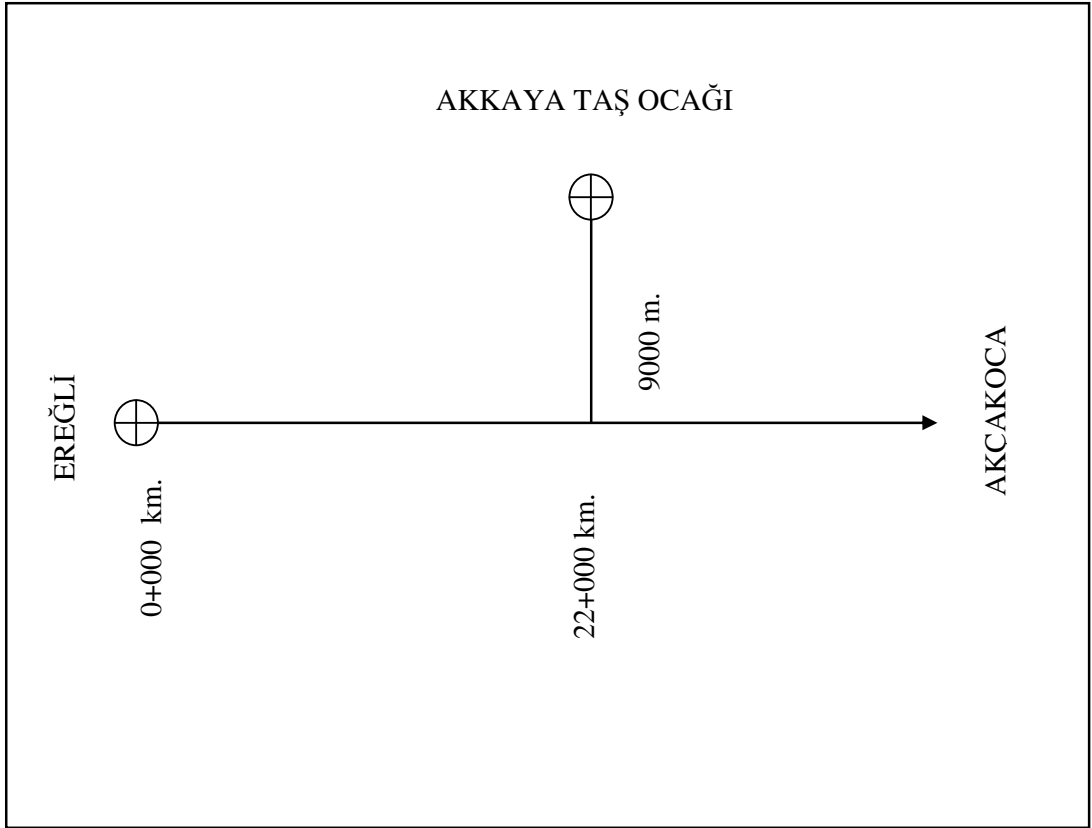
Çuhadaroğlu taş ocağı Kastamonu – İnebolu yolunun 75+750 km sinde sola 2700 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 5.000.000 m<sup>3</sup>'dir. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi sarımsı bej renkli kalker taşıdır. Taş ocağı çok çatlaklı, çatlak aralıkları kil ve kalsit dolgulu bir yapıya sahiptir. Şekil 2.7'de Çuhadaroğlu taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Çuhadaroğlu taş ocağı itineri.

### 2.3.5 Akkaya Taş Ocağı

Akkaya taş ocağı Ereğli – Akçakoca yolunun 22+000 km sinde sola 9000 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın tahmini rezervi 40.000.000 ton dur. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi gri, beyazımsı ve sarı renklere sahip kalker taşıdır. Taş ocağı 120 m derinliğe kadar aynı karakterdeki rezerv durumuna sahip bir yapıdadır. Şekil 2.8’de Akkaya taş ocağı itineri gösterilmiştir.

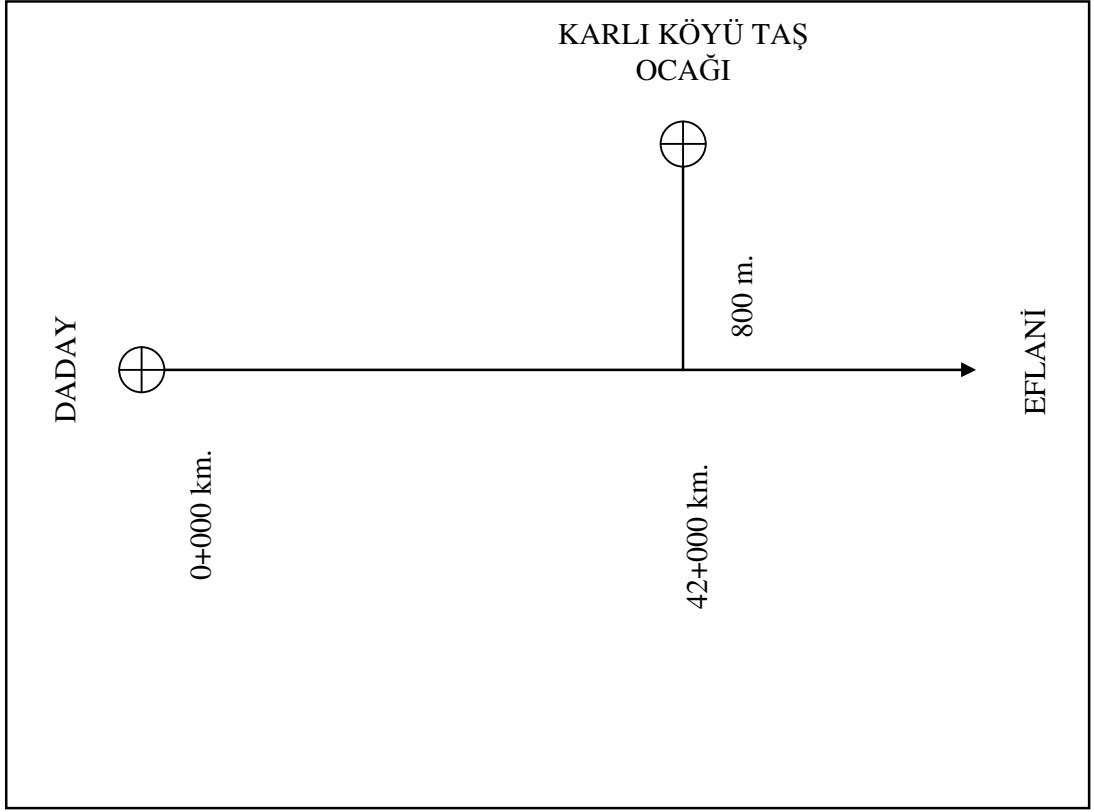


Şekil 2.8 Akkaya taş ocağı itineri.

### 2.3.6 Karlı Köyü Taş Ocağı

Karlı Köyü taş ocağı Kastamonu (Daday) – Eflani yolunun 42+000 km sinde sola 800 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 300.000 m<sup>3</sup> olup ocağın boyu: 200 m., eni: 100 m. ve yüksekliği 15 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi gri ve boz bir renge sahip kalker taşıdır. Taş ocağı masif yapılı, geniş çatlaklı, çatlak aralıkları kil dolgulu, sert ve az ayrılmış bir yapıya sahiptir. Şekil 2.9'da Karlı Köyü taş ocağı itineri gösterilmiştir.

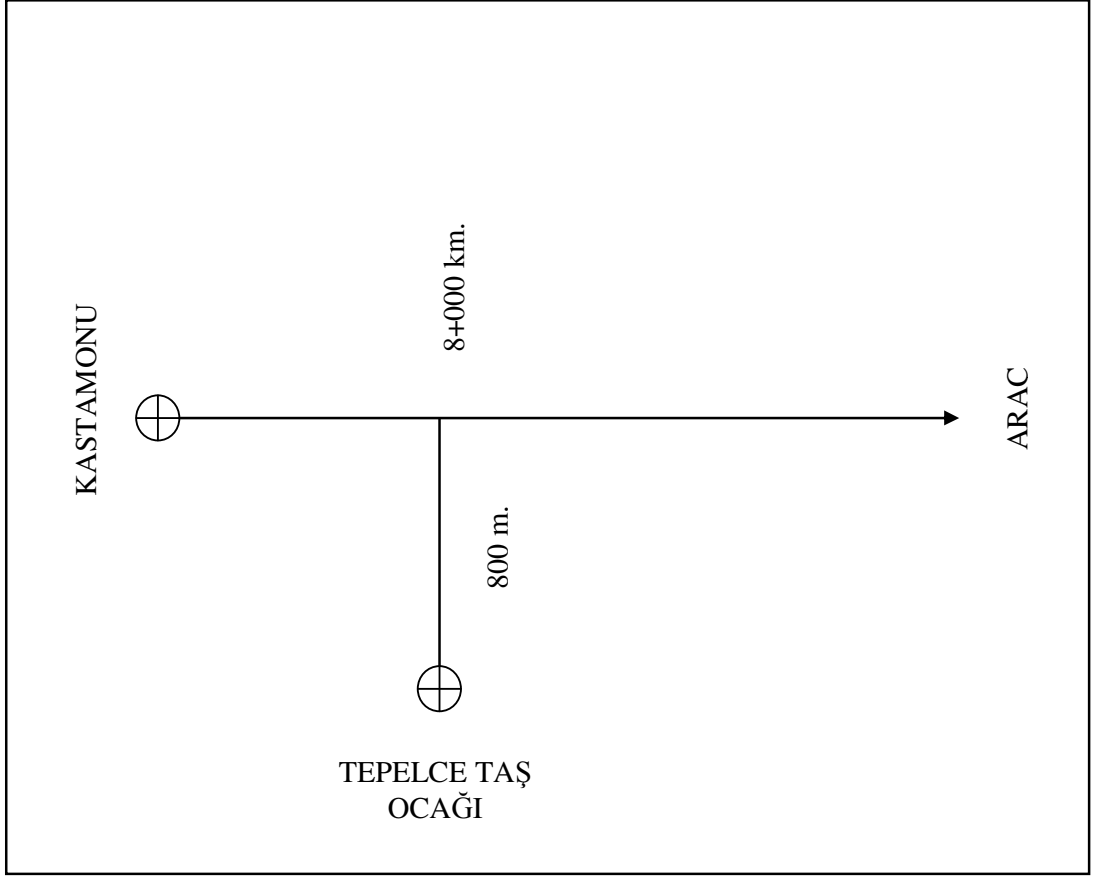




Şekil 2.9 Karlı Köyü taş ocağı itineri.

### 2.3.7 Tepelce Taş Ocağı

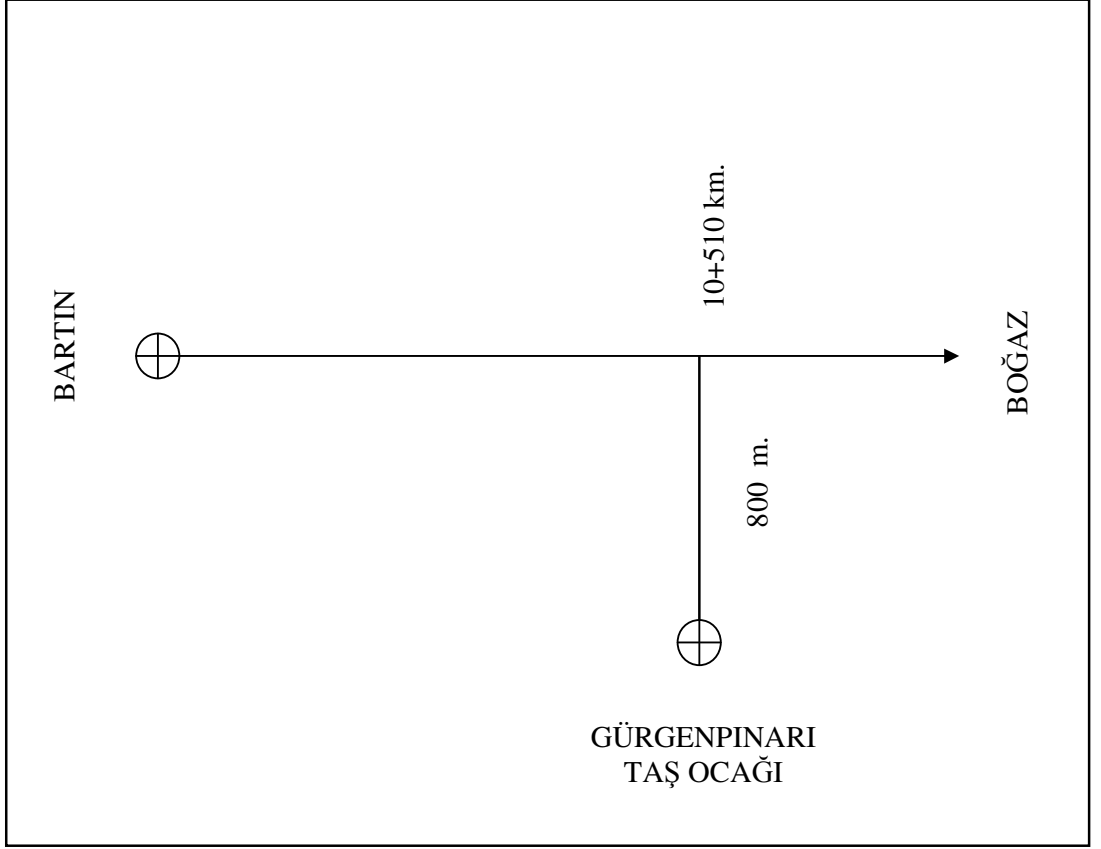
Tepelce taş ocağı Kastamonu – Araç yolunun 8+000 km sinde sağa 800 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 100.000 m<sup>3</sup> olup ocağın boyu: 150 m., eni: 100 m. ve yüksekliği 10- 15 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi koyu gri renkli kalker taşıdır. Taş ocağı masif yapılı, orta dar - geniş çatlak aralıklı, sert ve çok kristalize olmuş bir yapıya sahiptir. Şekil 2.10’da Tepelce taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Tepelce taş ocağı itineri.

### 2.3.8 Gürgenpınarı Taş Ocağı

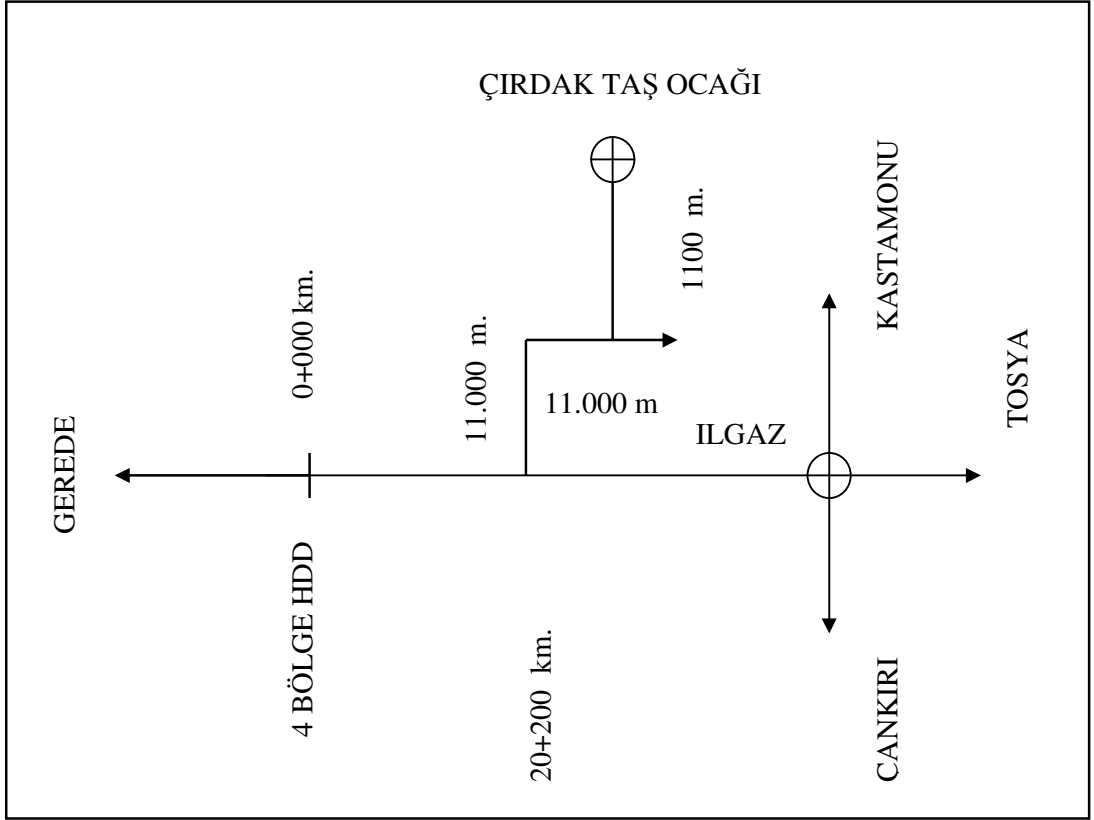
Gürgenpınarı taş ocağı Bartın – Boğaz yolunun 10+510 km sinde sağa 800 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 5.000.000 m<sup>3</sup>'dir. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi sarımsı bej renkli kalker taşıdır. Taş ocağı masif yapılı, orta çatlak aralıklı bir yapıya sahiptir. Şekil 2.11'de Gürgenpınarı taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Gürgenpınarı taş ocağı itineri.

### 2.3.9 Çırdak Taş Ocağı

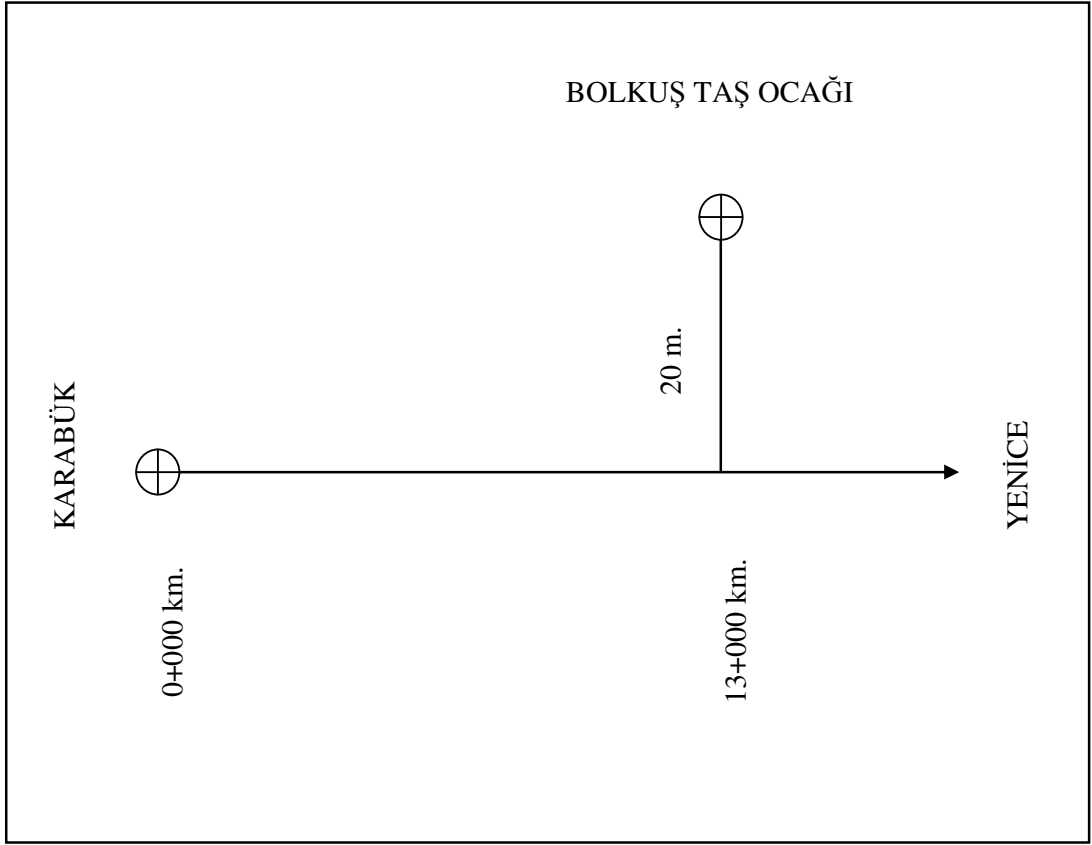
Çırdak taş ocağı Gerede - Tosya yolunun 4. Bölge Hududunun 20+200 km sinde 11.000 m sola içeriye daha sonra tekrar 11.000 m sağa doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 150.000 m<sup>3</sup> olup ocağın boyu: 125 m., eni: 60 m. ve yüksekliği 20 m. civarındadır. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi gri boz renkli kalker taşıdır. Taş ocağı geniş çatlaklı, çatlak aralıkları kil dolgulu sert ve az ayrılmış bir yapıya sahiptir. Şekil 2.12’de Çırdak taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Çırdak taş ocağı itineri.

### 2.3.10 Bolkuş Taş Ocağı

Bolkuş taş ocağı Karabük – Yenice yolunun 13+000 km sinde sola 20 m içeriye doğru gidilerek ulaşılan mevkidedir. Ocağın görünür rezervi 350.000 m<sup>3</sup>'dür. Ocağın geoteknik incelemelerine göre ocak malzemesi sarımsı bej renkli kalker taşıdır. Taş ocağı masif yapılı, çok dayanımlı, orta dar çatlak aralıklı bir yapıya sahiptir. Şekil 2.13'de Bolkuş taş ocağı itineri gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Bolkuş taş ocağı itineri.

## BÖLÜM 3

### AGREGALAR

Beton imalatında veya karayolu inşaatlarında kullanılan kum, çakıl, kırma taş, cüruf ve taş tozu gibi sert ve sağlam doğal mineral bileşiklere genel olarak agrega denir. Agregaları elde edilişlerine göre ve tane büyüklüklerine göre sınıflandırmak mümkündür.

#### 1. Elde Edilişlerine Göre

##### a) Doğal Agrega

Nehirlerden, teraslardan, denizlerden, göllerden ve taş ocakları gibi doğal kaynaklardan elde edilmiş kırılmış veya kırılmamış yoğun yapılı agregalardır [11].

##### b) Yapay Agrega

Sanayide bir yan ürün veya katı atık olarak ortaya çıkan agregalardır.

#### 2. Tane Büyüklüklerine Göre

##### a) İri Agrega

TS 706'ya göre 4 mm göz açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agregalardır. İri agreganın üst boyutu için bir sınır belirtilmemesine karşılık normal yapılarda en büyük tane boyutu genellikle 100 mm'yi hatta 63 mm'yi geçmemektedir. Ancak özel yapılarda, örneğin barajlarda, 100–150 mm boyutunda agregalar kullanılmaktadır [12].

##### b) İnce Agrega

4 mm göz açıklıklı kare delikli elekten geçen ve 200 Nolu elek üzerinde kalan agregalardır.

##### c) Filler (Taşunu)

200 Nolu elekten geçen ince malzemeye denir.

### **3.1 AGREGALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Agregalar sahip oldukları özelliklere göre inşaatlarda kullanılan malzemeler içinde etkin rol oynarlar. Agregalar kullanım yeri ve amacına göre istenen özellikleri taşımalıdır. Uygun granülometri, sertlik ve sağlamlık, aşınma ve dona dayanıklılık bu özelliklerin başlıcalarıdır [11]. Agregalarda aranan özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

#### **3.1.1 Granülometrik Birleşimi (Tane Dağılımı)**

Agrega numunesi içerisindeki tane büyüklüklerinin dağılımına granülometri denir. Agregada numunesindeki tanelerin değişik boyutlarda olması, sabit bir hacim içerisinde yer alan agregalar arasında daha az boşluk olmasına yol açar. Agregaların granülometrisi özellikle betonda kullanımı sırasında çok önemlidir. Betonda iri agregada miktarının çok olması işlenebilirlik özelliğinin azalmasına ve boşluklu olmasına sebep olur [13]. Boşluk oranı az olan ve su-çimento oranı iyi ayarlanmış bir betonun dayanımı yüksektir.

#### **3.1.2 Tane Dayanımı**

Agregada tanelerinin kullanılacağı yere ve amacına göre kolay kırılmayacak ve çabuk aşınmayacak şekilde sağlam ve sert bir yapıda olması gereklidir. Agregaların tane dayanımları; özgül ağırlık ve sertlik gibi özellikleri ile ilgilidir. Özellikle karayollarında ve betonda kullanılacak agregada karşılaşacağı fiziksel etkilere karşı dayanıklı olmalıdır.

#### **3.1.3 Dona Dayanıklılık**

Agreganın donma- çözülme etkilerine karşı dayanıklılığı agreganın boşluk oranına, geçirimsizliğine, suya doygunluk derecesine ve basınç dayanımına bağlıdır [14]. Uzun süre hava tesirleri altında kalan agregalar, donma ve çözülme olayları sonucunda gradasyon bozulmasına uğrarlar. Agregada içerisindeki boşluklarda mevcut olan suyun donması ile genişleme meydana gelir. Genişleme ile agregada çatlamlar ve ayrışmalar yaşanır. Donma sonucunda agregada yaşanan parçalanmalar kullanım özelliklerini etkiler. Bundan dolayı agregada donma-çözülme etkilerine karşı dayanıklı olmalıdır. Taşın su emme oranının ağırlıkça % 0,5 den büyük olmaması durumunda agreganın dona karşı dayanıklı olduğu kabul edilir [15].

### **3.1.4 Tane Şekli**

Agrega tane şeklinin beton dayanımına etkisi büyüktür. Agregaların tane şekli betonun işlenebilirliğini ve boşluklu olmasını etkiler [16]. Agregatane şeklinin küresel olması betonda işlenebilirliğe ve boşluksuz olmasına, az miktarda köşeli olması ise dayanıma ve aderansa olumlu etki yapar [17]. Bu özelliklerin hepsinin beton agregasında olması istendiğinden dolayı tane şekli olarak köşeli hatlara sahip toparlak agregataneleri, ideal kabul edilir. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 2.80'den büyük olan taneler kusurlu taneler olarak ifade edilebilir [13]. Şekilce kusurlu tanelerin (yassı veya uzun) oranı 8 mm'nin üzerindeki agregalarda ağırlıkça % 50 den çok olmamalıdır [18]. Kırılarak elde edilen agregalarda sivri uçlu ve keskinleşmiş taneler varsa ikinci bir kırım işlemiyle bunların yok edilmesi gerekir.

### **3.1.5 Zararlı Maddeler**

Kil, silt, mika, kömür, tahta parçası gibi organik maddeler ile kimyasal maddeler agregada zararlı maddeler olarak kabul edilir. Agregatane içerisinde bu gibi zararlı maddelerin bulunması özellikle beton agregası açısından önemlidir. Beton agregasında zararlı madde bulunması agregatane ile çimento hamuru arasında aderansın zayıf olmasına, bünye suyu ihtiyacının artmasına yol açar [16]. Zararlı maddeler betonun dayanımına, priz süresine, işlenebilirliğine ve görünüşüne etki ederler.

## **3.2 AGREGALARDAN NUMUNE ALMA**

Bir malzemenin özelliklerini ve kalitesini belirleyebilmek için yapılacak deneyler, o malzemeyi tamamen temsil edecek şekilde alınmış numuneler üzerinde yapılmalıdır. Agregadan alınacak numunelerin alım şekli ve miktarı yığının veya ocağın tümünü temsil edecek tarzda olmalıdır.

### **3.2.1 Taş Ocaklarından Numune Alma**

Taş ocaklarında mevcut taşlar yapı ve renk farklılığı gösterebilir. Bundan dolayı, taş ocaklarından alınacak numunenin ocağın tümünü temsil edebilmesi için değişik renk ve yapıya sahip her tabakasının hava ile temas etmemiş değişik bölgelerinden alınır.



### **3.2.2 Dere Yataklarından Numune Alma**

Dere yataklarından numune almadan önce yatak çevresinde kapsamlı inceleme yapılmalıdır. Numunenin alınacağı kısımdaki malzemenin genel özelliklerinin aynı olup olmadığına dair çevresinde tecrübe çukurları açılır [19]. Alınacak numunenin kil, silt ve organik maddeler içermemesi için numune yıkanarak bu maddelerden arındırılır.

### **3.2.3 Yığın Halindeki Stoklardan Numune Alma**

Yığın halindeki stoklardan malzemeyi tam temsil edecek şekilde numune almak oldukça zordur. Numune olabildiğince yığının değişik bölgelerinden alınır. Alınan numunenin mümkün olduğunca ayrışmamış olmasına özen gösterilir. Numune almadan önce yığının üst tarafındaki rutubetli ve tozlu bölge sıyrılarak temizlenir.

## **3.3 AGREGA DENEYLERİ**

### **3.3.1 Elek Analizi Deneyi**

Elek analizi deneyi, agreganın granülometrisini tayin etmek için yapılır. Bu deney numune miktarı ve türüne göre değişik çaplarda elek setleriyle yapılabilir. Aynı sette elek göz açıklıkları büyükten küçüğe sıralı bir şekilde elek sallama makinesine yerleştirilir. Deneyde  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup ve tartılan numune en üstteki eleğe konularak elemeye başlanır. Eleme sonunda her bir elek üzerinde kalan agreganın miktarı tartılarak agreganın tane boyutu dağılımı tespit edilir. Agreganın içindeki değişik boyuttaki tanelerin oranı agreganın kullanım yeri ve amacına göre önem taşır. İnşaatlarda kullanılacak agregalar, birbirlerinin boşluklarını dolduracak boyutlarda olmalıdır. Uygun agreganın granülometrisi ile işlenebilirliği yüksek, segregasyona uğramamış ve boşluksuz bir beton elde etmek mümkündür. Bu nedenle agreganın tanelerinin beton içerisinde hangi oranlarda olması gerektiğine ilişkin elek analizi yapılarak uygun tane dağılımı sağlanır. Bu deneyin yapımında TS 3530 EN 933-1 standardı takip edilebilir.

### **3.3.2 0.075 mm (No 200) Elekten Geçen Malzeme Miktarı (İnce Madde Oranı) Deneyi**

İnce madde oranı deneyi; agreganın yıkanması sonrasında içindeki kil ve silt gibi yabancı maddelerin miktarını belirlemek amacıyla yapılır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi alınarak tartılır. Daha sonra agrega numunesi bulanıklığı gidinceye kadar 0,063 mm göz açıklıklı elekte yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tekrar tartılır. Deney sonunda numunenin ilk ağırlığından yıkanarak kurutulmuş ağırlığı çıkartılır. Bu ağırlığın numunenin ilk ağırlığına oranı agregadaki ince madde oranını verir. Agregada içinde ince madde oranının yüksek olması; betonda aderansın zayıflamasına, işlenebilirliğin düşmesine, karışım suyu ihtiyacının artmasına ve priz süresinin uzamasına neden olur [20]. Bu deneyin yapımında TS 3527 veya ASTM C 142 standartları takip edilebilir.

### **3.3.3 Birim Ağırlık Deneyi**

Birim ağırlık deneyi; agreganın gevşek ve sıkışık olarak kapladığı hacmi belirlemek için yapılır. Birim ağırlık deneyi gevşek ve sıkışık olmak üzere iki çeşittir. Deney için hacmi ve ağırlığı belli olan ölçekli bir kap kullanılır. Deneyde kullanılacak numune  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Gevşek birim ağırlık deneyinde ölçekli kap üst kenarından 5 cm yükseklikten fazla olmamak üzere tepeleme doldurulur. Daha sonra numunenin üst yüzeyi elle düzeltilerek tartılır. Sıkışık birim ağırlık deneyinde ise ölçekli kabın 1/3 yüksekliğine kadar numune konularak 25 defa şişlenir. Daha sonra ikinci 2/3 lük kısmı doldurulur ve 25 defa şişlenir. Son olarak ölçekli kap üst yüzeyine kadar doldurularak şiş yardımıyla düzeltilir ve tartılır. Ölçekli kabın ve agreganın ağırlığından oluşan bu toplam ağırlıklardan ölçekli kabın ağırlığı düşülerek agreganın net ağırlığı bulunur. Bu değerin ölçekli kabın hacmine oranı agreganın birim ağırlığını verir [20, 21]. Bu deneyin yapımında TS 3529 veya ASTM C 29 standartları takip edilebilir.

### **3.3.4 Özgül Ağırlık Deneyi**

Deney için gerekli miktarda agrega numunesi 24 saat su içinde bekletilir. Sudan çıkarılan tane yüzeyleri pamuk veya bir havlu yardımıyla kurutularak YKSD hale getirilir ve tartılır. Agregada numunesi özel bir düzenele hazırlanmış tel bir sepet yardımıyla su dolu kabın içine daldırılarak sudaki ağırlığı tartılır. Daha sonra numune  $110 \pm 5$  °C deki etüvde

değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Agregada numunesinin etüv kurusu ağırlığının, doymuş yüzey kuru ağırlığından sudaki ağırlığının çıkarılması ile elde edilen ağırlığa oranı agreganın özgül ağırlığını verir. Karışım hesapları ve fiziksel özellikleri açısından agreganın özgül ağırlık değerinin bilinmesi önemlidir [23]. Bu deneyin yapımında TS 3526, ASTM C 127 veya ASTM C 128 standartları takip edilebilir.

### **3.3.5 Agregada Yassı Malzeme Oranı Tayini**

Bu deney agregada içindeki yassı malzeme oranını tespit etmek için yapılır. Agregada yassı malzeme oranının tespiti için 4 mm ile 80 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan malzemelerden standartlarda belirtilen oranda numune alınır. Deney numunesi  $110 \pm 5$  °C'deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kendi tane büyüklüğü sınıfına göre ayrılır ve tartılır. Daha sonra numune ait olduğu sınıfa göre silindirik çubuklu eleklerde elenir. Çubuklu elekten geçen her tane büyüklüğü tekrar tartılır. Bu ağırlığın ilk ağırlığa oranı agregada yassı malzeme oranını verir. Tane boyutları arasındaki oran 0,6'dan küçük olduğu durumlarda yassı malzeme olarak kabul edilir. Agregadaki yassı malzeme oranının çok olması betonda pürüzlü bir yüzeye ve su ihtiyacının artmasına neden olur. Karayollarında ise yassı agregada oranının çok olması yolun dayanım özelliklerinin düşük olmasına sebep olur. 8 mm'den büyük agregada tanelerinde kusurlu tanelerin oranı % 50'den fazla olmamalıdır. Bunun için agregaların tane boyutları mümkün olduğunca orantılı olmalıdır. Bu deneyin yapımında TS 9582 EN 933-3 standardı takip edilebilir.

### **3.3.6 Organik Madde Tayini**

Bu deney agregada içindeki organik maddelerin tespiti amacıyla yapılır. Deney için gerekli miktarda agregada numunesi  $110 \pm 5$  °C'deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutularak bir cam şişe içine konulur. Daha sonra cam şişe içine NaOH çözeltisi ilave edilerek iyice çalkalanır ve 24 saat beklemeye bırakılır. 24 saat sonunda, çökelmiş olan deney numunesi üzerindeki sıvının rengine göre agregadaki organik madde hakkında bilgi sahibi olunur. Agregada içindeki çürümüş bitki kökleri, ağaç ve odun kalıntıları betonun priz süresinin uzamasına, betonun su ihtiyacının artmasına ve dayanımının düşmesine neden olur [24]. Bu deneyin yapımında TS EN 1744-1 standardı takip edilebilir.

### 3.3.7 Kütlece Su Emme Deneyi

Su emme deneyi; YKSD haldeki agreganın kuru agregaya göre ihtiva ettiği su oranını tespit etmek için yapılır. Deneyde agrega numunesi 24 saat su içinde bekletildikten sonra tane yüzeyleri pamuk veya bir havlu yardımıyla kurutularak YKSD hale getirilir ve tartılır. Daha sonra numune  $110 \pm 5$   C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur ve tartılır. Deney sonunda numunenin doğgun kuru yüzey ağırlığından kurutulmuş ağırlığının çıkarılması ile elde edilen değerin kurutulmuş numunenin ağırlığına oranı agreganın su emme değerini verir. Agregaların su emme yeteneği boşluk oranlarıyla ilgilidir. Boşluklu agregalarda su emme oranı yüksektir. Su emme oranı yüksek olan agreganın dona karşı dayanımı düşük olacaktır. Bundan dolayı, betonda ve karayolu yapımında kullanılacak agregalarda su emme oranının düşük olması istenir [23]. Bu deneyin yapımında TS 3526, ASTM C 127 veya ASTM C 128 standartları takip edilebilir.

### 3.3.8 Dona Dayanıklılık Deneyi

Uzun süre hava tesirleri altında kalan agregaların donma ve     lmeye karşı davranışı hakkında bilgi edinmek için dona dayanıklılık deneyi yapılır. Dona dayanıklılık deneyi TS EN 1367–1 ve TS EN 1367–2 standartlarına göre normal ve hızlandırılmış olmak üzere iki ayrı yöntemle yapılır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$   C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur ve tartılır. Daha sonra ağırlığı belli agrega numunesi su içinde  $-17,5$   C de soğutma ve  $20$   C normal suda    me şeklinde 10 d   ye tabi tutulur. 10. d    sonunda agregada çatlamalar ve ayrışmalar sonucunda kütle kaybı g r   r. Deney sonunda numunede g   lenen kütle kaybı, agreganın yüzde cinsinden dona dayanıklılığını verir. Hızlandırılmış yöntemde ise kimyasal    ltiller kullanılır. Deney için gerekli agrega numunesi, sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )    ltisine daldırılarak 16–18 saat bekletilir. Bekleme sonunda numune su içinden çıkarılır ve  $110 \pm 5$   C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Bu işlem 5 d    olacak şekilde tekrarlanır. 5. d    sonunda numune  $\text{Na}_2\text{SO}_4$     ltisinden arındırılmak üzere ılık su ile yıkanır. Numunenin  $\text{Na}_2\text{SO}_4$     ltisinden tamamen arındığı, yıkama suyuna katılan  $\text{BaCl}_2$ ’nin beyaz renkli    elek vermemesi ile anlaşılır. Deney sonunda şartnameye uygun g   açıklıklı elekten elenen numunede kütlece kayıp olması durumunda bu değer agreganın yüzde olarak dona dayanıklılığını verir. Hızlandırılmış don deneyinin agrega üzerinde oluşturduğu etki, doğada olan yaklaşık 500 donma-    lme olayına karşılık gelir.

Agregaların don tesirleri altındaki davranışı boşluk oranı ile yakından ilgilidir. Boşluk oranı yüksek agrega tanelerinin boşluklarındaki mevcut donma meydana gelir. Bundan dolayı genleşme ve buna bağlı olarak da parçalanmalar görülür. Agregaların bu şekilde parçalanması mukavemetinin düşmesine sebep olacağı için dona dayanıklı olması istenir [25, 26].

### 3.3.9 Aşınma (Los Angeles) Deneyi

Bu deney agregaların aşınmaya dayanıklılığını tespit etmek için yapılır. Los Angeles aşınma deneyinde Şekil 3.1’de gösterilen iki ucu kapalı içi boş çelik silindirik tambur ve içine atılan çelik küreler kullanılır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur ve tartılır. Daha sonra, kuru haldeki numune çelik kürelerle beraber Los Angeles deney aletinin içine konularak tambur döndürülür. Döndürme işlemi sonunda tambur içerisinden çıkarılan numune 1,6 mm göz açıklıklı elekte elenerek elekte kalan malzeme tartılır. Elekte kalan numune ağırlığının toplam numunenin ağırlığına oranı yüzde olarak agregada meydana gelen aşınmayı gösterir. Beton ve karayolu yapımında kullanılan agregalar fiziksel etkilerden dolayı kırılmaya ve aşınmaya maruz kalırlar. Bu yüzden agregaların aşınmaya dayanıklı olması istenir [27]. Bu deneyin yapımında TS EN 1097-2 veya ASTM C 131 standardı takip edilebilir.



Şekil 3.1 Los Angeles deney aleti.

### 3.3.10 Soyulma Deneyi

Soyulma deneyi; karayolu üst yapısında kullanılacak agregaların asfaltla olan bağ kuvvetini belirlemek için yapılır. Soyulma deneyi 4.75–9.5 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan agregalara uygulanır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Diğer taraftan deneyde kullanılacak bitüm malzemesinden 2.5 gr numune ısıtılmak üzere beher içinde  $140\text{--}150$  °C lik etüve konulur. Kuru haldeki agrega numunesi beher içinde ısıtılmış bitüm malzemesi ile karıştırılarak  $60$  °C lik etüvde 24 saat bekletilir. Bu süre sonunda etüvden çıkarılan karışım, petri kabına aktararak 10 dakika laboratuvar ortamında bekletilir. Sonra petri kabı saf su ile doldurulur ve 24 saat bekletilmek üzere yeniden  $60$  °C lik etüve konulur. Bu sürenin sonunda petri kabı dışarı alınarak içindeki su değiştirilir. Su ile dolu petri kabının içindeki karışım ışık altında gözle incelenir. Deney sonunda bitümlü kısımların tüm yüzeylere oranı hesaplanarak soyulmaya karşı dayanıklılık oranı bulunur. Karayollarında hava ve trafik etkilerine doğrudan maruz kalan aşınma tabakasında asfalt ile agrega arasındaki bağın kuvvetli olması istenir. Ancak bu bağ ne kadar kuvvetli olursa olsun su, hava ve trafik etkilerinden dolayı zamanla kaybolur. Bağın kaybolmasıyla kaplama tabakasında deformasyonlar meydana gelir. Asfalt ile agrega arasındaki bağ her iki malzemenin özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Agrega üzerindeki film tabakası asfaltla doğrudan temasta olan kısımdır. Bundan dolayı bu film tabakasının soyulma direnci bağın kuvvetli olmasını etkiler [28]. Bu deneyin yapımında ASTM D–1664–80 standardı takip edilebilir.

### 3.3.11 Darbe Dayanımı Deneyi

Bu deney agreganın darbeli yüklere karşı direncini ölçmek için yapılır. Agrega darbe katsayısı deneyi 10–14 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan agregalara uygulanır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Darası alınmış çelik silindir kap 3 eşit tabakada numune ile doldurulur ve her tabaka 25 defa şişlenerek tartılır. Daha sonra silindir kap deney aletinde yerine yerleştirilir. Darbe çekici numunenin üzerine gelecek şekilde birer saniye arayla 15 defa bırakılır. Darbelenme işlemi bittikten sonra, silindir kap içerisinde sıkışan numune 2.36 mm göz açıklıklı elekten elenerek elekten geçen malzeme tartılır. Elekten geçen malzeme ağırlığının numunenin ilk ağırlığına oranı agregada darbelenme altında

meydana gelen ufalanmayı verir [29]. Agregaların darbe dayanımı özellikle karayolu kaplama tabakasında kullanılacak agregalar için önemlidir. Devamlı yükler altında kaplama agregasının dayanımının yüksek olması istenir. Bu deneyin yapımında BS 812/112 standardı takip edilebilir. Şekil 3.2’de darbe dayanımı deney aleti gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Darbe dayanımı deney aleti.

### 3.3.12 Agregada Kırılma Katsayısı Deneyi

Agrega kırılma katsayısı deneyi kademeli olarak uygulanan basınç kuvveti altında agreganın kırılmaya karşı göstereceği dayanımı ölçmek için yapılır. Agregada kırılma katsayısı deneyi 10–14 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan agregalara uygulanır. Deney için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. 115 mm iç çaplı ve 180 mm iç derinliğe sahip darası alınmış çelik silindir kap 3 eşit tabakada numune ile doldurulur ve her tabaka 25 defa şişlenerek tartılır. Daha sonra deney numunesi, Şekil 3.3’de gösterilen iki tarafı boş 150 mm iç çaplı çelik silindir içine dökülerek taban plakası ve sondası ile birlikte Şekil 3.4’deki gibi basınç presi başlıkları arasına yerleştirilir. 10 dakikada 400 kN yüke erişecek şekilde pres çalıştırılır. 400 kN yüke erişildiğinde yük boşaltılır ve sıkışmış agreganın numunesi 2.36 mm göz açıklıklı elekten elenerek elekten geçen malzeme tartılır. Eleme sonunda elekten geçen malzemenin ağırlığının numunenin ilk ağırlığına yüzdece oranı;

agregada basınç altında meydana gelen ufalanmayı verir [29]. Yol kaplamalarında kullanılan agregalar trafik yükleri altında mekanik etkilere maruz kalırlar. Bundan dolayı agregaların kırılmaya karşı daha dayanıklı olması gerekir [26]. Bu deneyin yapımında BS 812/110 standardı takip edilebilir.



Şekil 3.3 Kırılma katsayısı deney aletleri.



Şekil 3.4 Prese yerleştirilmiş kırılma katsayısı deney düzeneği.



## BÖLÜM 4

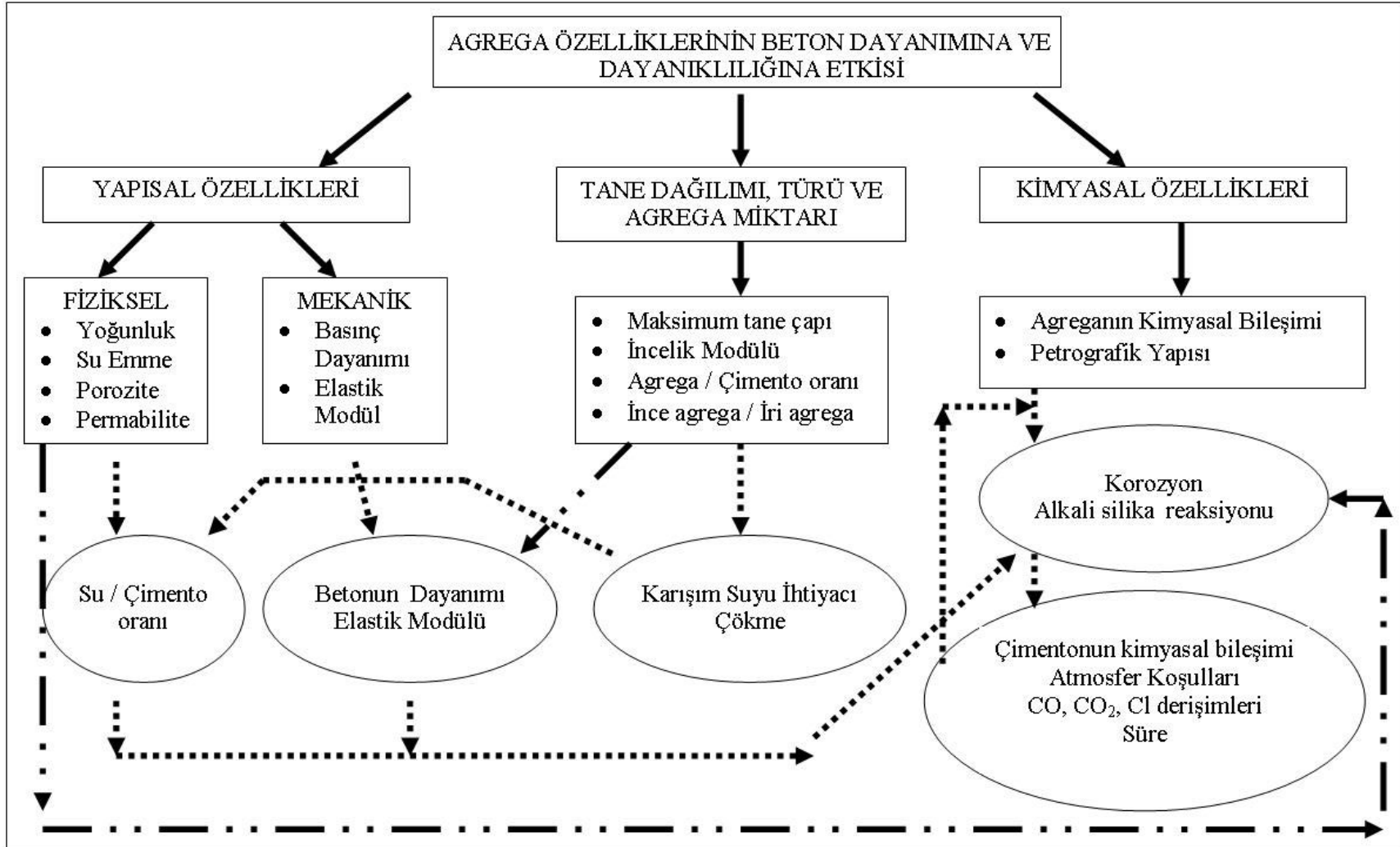
### AGREGALARIN DURABİLİTESİ

Agregalar, inşaat sektörünün çok değişik alanlarında çok kullanılan bir malzemedir. Agregaların mineral bileşimleri, dokuları ve sertlikleri; donma-çözünme etkisi altında aşınmaya karşı dayanıklılık ile kullanım yerine uygunluk açısından bilinmesi gereken nitelikleridir. Agregaların dayanıklılığı geçmiş yıllarda mukavemet ile ölçülürdü. Oysa günümüzde dayanıklılığın sadece dayanımın yüksek olması ile sağlanmadığı bilinmektedir. Agregalar kimyasal, fiziksel ve çevresel etkilerden dolayı aşınma ve kırılma gibi yıpratıcı etkilere maruz kalırlar. Bundan dolayı agregalardan sadece dayanıklı olması değil aşınma, kırılma, bozulma ve don etkilerine karşıda dayanıklı olması istenir.

Agregaların kırılma, aşınma ve parçalanma etkilerine karşı gösterdiği direnç genel anlamda durabilite (dayanıklılık) ile ifade edilir. Dayanıklılık öncelikle kullanıldığı yerin iklimine, kullanım şartlarına, petrografik özelliklerine, taneler içindeki süreksizliklere, tanelerinin boşluk oranına ve bu boşlukların suya doygunluk derecesine bağlıdır. Dayanıklılık özellikleri beton ve karayolu kaplamalarının kalitesi hakkında önemli bir göstergedir [26].

Beton hacminin yaklaşık %70'ini oluşturan agreganın betonun performansında belirgin bir etkisi vardır. Beton; agrega, çimento hamuru ve agrega-çimento hamuru temas yüzeyinden oluşan bir malzeme olarak düşünülürse en zayıf halkanın ara yüzeyler olduğu görülür. Çimento hamuru ile agrega arasındaki bağ, basınç dayanımını etkileyen en önemli unsurdur. Bu bağ agreganın şekli, boyutu, sertliği, türü ve temizliği ile doğrudan ilgilidir. Pürüzlü, köşeli ve sert yüzeye sahip agregalar düz yüzeyli agregalara oranla daha sağlam bağ oluştururlar. Bu durum betonun performansını doğrudan etkilemektedir. Ancak köşeli ve pürüzlü agrega tanaları, yuvarlak ve düz yüzeyli agregalara göre daha fazla suya ihtiyaç duyarlar [30, 31]. Ülkemizde beton agregalarında aranan özellikler. TS 706 EN 12620'da belirtilmiştir. Agrega özelliklerinin beton dayanımına ve dayanıklılığına etkisi Şekil 4.1' de şematik olarak gösterilmiştir [32].

Yol kaplamalarında kullanılan kırmataş agregalarından, kullanımı sırasında üzerine gelen değişen şiddet ve frekanstaki yükleri taşıması ve dağıtması, trafiğin ve ısı değişiminden dolayı oluşan yerel hareketlerin karşılanması, drenajın sağlanması, donma-çözünme ve diğer iklimsel değişimlere karşı dayanıklı olması beklenmektedir. Bir yol kaplamasının dayanıklılığı, trafik miktarına, taşıt hızına ve kullanılan malzemenin yüzey dokusu gibi bir çok faktöre bağlıdır. Trafik yüklerinden dolayı yolların cilalanmasına ve düzleşmesine karşı dayanıklı agrega seçilmesi, aşınmaya dayanıklı kaplama inşasının en önemli noktasını oluşturur. Beton yol kaplaması ve asfalt yol kaplaması betonunun her ikisi de, düzlenme ve aşınmaya karşı agregaların dayanım özellikleri ön plandadır. Beton yol kaplamalarında, inşaat sırasında aşınmaya dayanıklı agrega kullanılması, daha uzun sürede aşınmaya dayanıklı yol kaplaması üretilmesini sağlar. Asfalt beton kaplamalarında aşınma dayanımı trafik yüklerine maruz kalan kaba agreganın fiziksel ve yapısal karakteristiklerine daha fazla bağlıdır. Aşınmaya dayanıklı yol kaplama inşaatında kaplamanın uzun ömürlü olmasında agreganın yüzey yapısının korunması, agreganın dokusu, tane büyüklüğü ve minerolojik yapısı önemlidir. Agrega içerisindeki bileşenlerden, sert silikat minerallerinin, yumuşak karbonatlara göre daha uzun sürede aşındığı görülmüştür. Agregalar farklı sertliklere sahip minerallerden meydana gelmişlerdir. Bu tür agregaların farklı aşınması ve üniform bileşimi, diğer agregalara göre istenilen mikro dokunun daha uzun bir süre korunmasını sağlar. Örnek olarak, üniform bileşim ve tane büyüklüğüne sahip sert kuvarsit, karışık bileşimli agregalardan daha hızlı olarak yüzeyden aşınır. Bununla beraber karbonatların içerisinde daha kolay aşınanlar, kaba kristal karbonat bir yapıya ve yüksek oranlarda çözülmez asit malzemelere sahiptir. Kuvars parçacıkları en iyi çözülmez malzemeye örnek olarak gösterilebilir. Değişik boyuttaki taş taneleri içerisinde kaba taneli taşlar, ince taneli taşlara göre daha büyük bir cilalanma gücüne sahiptirler [33].



Şekil 4.1 Agregat özellikleri ve bunların betona etkiye biçimleri.

Agregaların yapı betonu ve yol kaplamalarında kullanımının uygunluğunu tespit etmek için su emme, aşınma (Los Angeles), kırılma, ufalanma, donma-çözünme, soyulma ve mineral sertliği testleri yapılır. Ancak bu testlerden olumlu sonuç alınması halinde, söz konusu agreganın yapılarda kullanılmasına izin verilir.

Agregada kil ve silt tanelerinin varlığı dayanıklılığı düşürmektedir. Çoğunlukla zirai toprak kökenli organik maddeler, kil topakları, kömür taneleri, yumuşak taneler, standardın üzerinde suda çözünen klorür ve sülfatın varlığı da agreganın davranışını olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerinin yanında agrega içinde bir miktar ince madde bulunması betonun yerleştirilmesinde olumlu etki yapar [30]. Betonun dayanıklılığı dolayısı ile performansı betonu oluşturan malzemelerin kalitesine, karışım oranlarına, üretim yöntemine, betonun bakımına, kür koşullarına ve diğer çevre koşullarına bağlıdır. Yapıların çevresel etki sınıfları göz önüne alınarak tasarlanması gerektiği unutulmamalıdır. Beton uygun şekilde kür edilmemişse mukavemet yaklaşık %30 düşebilir, ancak durabilite daha da olumsuz etkilenir; kür edilmemiş betonun geçirimliliği yaklaşık 10 kat artabilir [34].

## BÖLÜM 5

### DENEYSEL ÇALIŞMA

#### 5.1 MALZEMELER

Deneyler için gerekli agrega numuneleri, çalışma alanının genelini temsil edecek şekilde seçilen taş ocaklarından TS 707 (Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi)' ye göre alınmıştır. Numuneler daha önce patlatma yöntemi ile elde edilmiş kaya parçacıklarından derlenerek alınmıştır. Alınan numuneler şantiyede herhangi bir işlem görmeden Z.K.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarına getirilmiştir. Her taş ocağına ait numuneler çeneli kırıcılar yardımı ile kırılarak değişik tane boyutlarında kırmataş numunelerine dönüştürülmüşlerdir. Daha sonra bu numuneler her deney için istenen elek aralıklarında elenerek gruplandırılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Gruplandırılmış deney numuneleri.

## 5.2 PETROGRAFİK ÖZELLİKLER

Taş ocaklarından alınan agrega numuneleri üzerinde yapılan petrografik incelemeler özellikle ayırık malzeme olmayan ana kayacı temsil edecek şekilde incekesit hazırlanarak yapılmıştır. Hazırlanan incekesitler üzerinde “Polarizan Mikroskopla” modal sayım yapılarak mineralojik bilgilere ulaşılmıştır. Bu yolla doku türünün tayini, petrografik kaya isimlendirilmesi, kay türünün bileşimleri ve porozite gibi özelliklere ulaşılmıştır.

### 5.2.1 Ardıçlıktepe Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analiz sonuçlarına göre kayaç numunesi bej-grimsi-kirli beyaz renklerde olup kısmen keskin ve gözeneksiz bir yapıdadır. % 10 HCl ile yoğun köpürme (tepkime) izlenmiştir. Bu da karbonat grubunun oluşabileceğini göstermiştir. Kayaçta mikritik kalsitler çoğunlukta olup tali oranlarda yüzeysel oluşumlu sıvama şeklinde limonitler mevcuttur. Kayaç genelinde mikritik doku egemendir. Kayaçta tali oranda bulunan manyetitler yarı özşekillidir. Kayaç mevcut özelliğiyle mikritik kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Ardıçlıktepe taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                           | Modal Oranı % | Tane Boyutu    |      |
|--------------------------------------------|---------------|----------------|------|
| Kristalize Kalsit / Mikritik Kalsit        | % 85 – 90     | < 1/20 mm      | ANA  |
| Kripto Kristalin Kalsit                    | % 5 – 10      | < 1/20 mm      |      |
| Limonit                                    | % 0.5 –1      | < 1/20 mm      |      |
| Manyetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) | % 0.1 – 3     | 1/10 – 1/20 mm | TALİ |

### 5.2.2 Kıyıcak Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analiz sonuçlarına göre taş ocağına ait kayaç numunesi, siyah-grimsi renklere sahip olup gevrek, kırılğan kısmen masif ve gözeneksiz bir yapıdadır. % 10 HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Kayaçta yer yer ikincil kalsit damarlar mevcuttur. Kayaç içinde iri taneli kristalize kalsitler çoğunlukta olup aragonit birlikteliği altında karbonat çimentolu kristalize bir doku egemendir. Herhangi bir impurite (saflığı bozucu) kapsamında opak mineral görülmemektedir. Kayaç mevcut özelliğiyle kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Bu ocağa ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Kıyıcak taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi               | Modal Oranı % | Tane Boyutu    |     |
|--------------------------------|---------------|----------------|-----|
| Kristalize Kalsit / İri Taneli | % 70 – 75     | 1/2 – 1 mm     | ANA |
| Mikroristalin Kalsit           | % 10 – 15     | 1/10 – 1/20 mm |     |
| Kalsit 2.cil damar dolgulu     | % 3 – 5       | < 1/20 mm      |     |
| Aragonit                       | % 5 – 10      | 1/4 – 1/10 mm  |     |

### 5.2.3 Sapça Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analiz sonuçlarına göre taş ocağına ait kayaç numunesi, bej-grimsi-kirli beyaz renklere, kısmen masif, gevrek ve kırılğan bir yapıda olduğunu göstermiştir. % 10 HCl ile köpürme izlenmiştir. Kayaçta kristalize kalsitler, aragonit ve feldspat mineralleri çoğunlukta olup tali oranlarda kuvars mevcuttur. Farklı tane boyut dağılımlı kalsit ve aragonit bileşimli karbonat çimentolu bir doku gözlenmiştir. Kayaç yoğun yüzeysel alterasyona maruz kaldığında dış yüzey kesimlerde bozuşmalar ve killeşmeler görülmektedir. Bu kayaç mevcut özelliğiyle kristalize kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Sapça taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi  | Modal Oranı % | Tane Boyutu   |      |
|-------------------|---------------|---------------|------|
| Kristalize Kalsit | % 70 – 75     | 1/2– 1/5 mm   | ANA  |
| Aragonit          | % 10 – 15     | 1/2– 1/5 mm   |      |
| Feldspat          | % 1 – 2       | 1/2– 1/4 mm   |      |
| Kuvars            | % 0.1 – 0.5   | 1/4 – 1/10 mm | TALİ |

#### 5.2.4 Çuhadaroğlu Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analiz sonuçlarına göre taş ocağına ait kayaç numunesi, bej–grimsi tonlara sahip olup sağlam, zor kırılğan, keskin köşeli ve gözeneksiz bir yapıdadır % 10 HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Kayaçta ikincil kuvars ve limonit çatlak dolgulu damarcıkları gözlenmiştir. Kayaç içinde mikrokristalin ve sparitik kalsitler çoğunluktadır. Kayaç mevcut özelliğiyle mikri-sparitik kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Çuhadaroğlu taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi       | Modal Oranı % | Tane Boyutu  |      |
|------------------------|---------------|--------------|------|
| Mikrokristalize Kalsit | % 75 – 80     | < 1/20 mm    | ANA  |
| Kristalize Sparitik    | % 15 – 17     | 1/4 – 1/2 mm |      |
| Kuvars                 | % 1-2         | < 1/20 mm    | TALİ |
| Limonit                | % 0.5 – 1     | < 1/20 mm    |      |



### 5.2.5 Akkaya Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analizlere göre taş ocağına ait kayaç numunesi; bej-kirli beyaz renklerde sert masif çatlaksız görünümlü, kısmen keskin köşeli, kıvrımlı, nadiren ikincil kalsit damar dolgulu yapıda olup % 10 HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Çekiçle parçalanma esnasında kesif koku dolomitleşmenin geliştiğini göstermiştir. Kayaçta genelde eş tane boyut dağılımı egemen olup bazı tane parçalarında ikincil yüzeysel alterasyon ürünü olarak gelişmiş demir akımlı sivoyanlar izlenmiştir. Eş tane boyut dağılımlı kalsit ve dolomit kristallerinin birlikte izlendiği karbonatlı kimyasal çökelimle oluşmuş bir doku türü egemendir. Kalsitler özşekilli romboedrik kristaller halinde yine romboedrik gelişimli dolomitlerle iç içedir. Tane yüzeyleri taze ve impuritesiz izlenmiştir. Kayaçta bulunan tali mineraller; sıvama şeklinde yüzeysel sıvıların çökeltimi ürünü Hematit+Limonit'ler oluşturur. Kayaç mevcut özelliğiyle dolomitleşmiş kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Akkaya taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                           | Modal Oranı % | Tane Boyutu    |      |
|--------------------------------------------|---------------|----------------|------|
| Kristalize Kalsit / Sparitik Kalsit        | % 65 – 70     | 1/2 – 1/5 mm   | ANA  |
| Dolomit                                    | % 20 – 25     | 1/4 – 1/10 mm  |      |
| Kuvars                                     | % 5 – 10      | 1/4 – 1/10 mm  |      |
| Hematit / Limonit                          | % 0.5 – 2     | 1/5 – 1/10 mm  | TALİ |
| Manyetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) | % 0.1 – 1     | < 1/10 mm      |      |
| Turmalin                                   | % 0.1 – 0.5   | 1/10 – 1/20 mm |      |

### 5.2.6 Karlı Köyü Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analizlere göre taş ocağına ait kayaç numunesi, yarı gevrek mikro boşluklu bej-açık gri kirli beyaz renk tonlarında ikincil kalsit damar dolgulu kısmen masif dayanıklı özelliklere sahiptir. % 10 luk HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Kayaç üzerinde herhangi bir kristal yönlenmesi ve bariz deformasyon izi görülmemiştir. Kayaçta içinde kristal taneleri genelde eş tane boyut dağılımlı yersel mikro boşluklu (1/2 – 1/5 mm) kristalize, sparkalsit kristalleri ağırlıklı bir doku izlenmiştir. Kayaçta yersel ikincil kalsit dolgulu romboedrik kalsit damarcıkları gözlenmiştir. Kristaller arasında özşekilsiz kuvars kristalleri ve yersel iz oranında (< 0.5 mm) hematitik sıvımalı kalsit ve yarı özşekilli klorit + manyetik birlikteliği izlenmiştir. Tali miktarda kalsitler üzerinde demiroksit ve çok ince zerrecikler şeklinde yarı özşekilli yarı kübik sistemde manyetitler izlenmiştir. Kayaç mevcut özelliğiyle silis ve karbonat çimentolu mikro boşluklu silisli kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Karlı köyü taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                                                                       | Modal Oranı % | Tane Boyutu   |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------|
| Kristalize Kalsit / Sparitik Kalsit                                                    | % 70 – 75     | 1/2 – 1/5 mm  | ANA  |
| Kuvars                                                                                 | % 5 – 10      | 1/4 – 1/5 mm  |      |
| Manyetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) / Hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | % 1 – 5       | 1/5– 1/10 mm  |      |
| klorit + manyetit                                                                      | % 1- 3        | 1/5– 1/10 mm  |      |
| Demiroksit (Kalsit Üzerinde)                                                           | % 0.5         | 1/10– 1/20 mm | TALİ |
| Manyetit                                                                               | % 0.1 – 0.5   | 1/20 mm       |      |

### 5.2.7. Tepelce Taş Ocağı

Makroskopik ve mikroskopik analizlere göre taş ocağına ait numune, bej-kirli beyaz renklerde, pembemsi tonlarda, keskin ve köşeli kıvrımlı, sert, dayanıklı yapıdadır. % 10 luk HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Kayaçta yersel ikincil kırmızı renkli demiroksit ve mikrofisur dolgular şeklinde dağılgan ve toprağımsı özellikler gözlenmiştir. Kalsit kristallerinde arogonite dönüşüm yaygındır. Kayaçta boşluk oranı ve mikrofisür çatlaklık oranı düşük seviyelerdedir. Kayaç dokusu mikritik, mikri-sparitik ve yersel iri kalsit + aragonit kristallerinden oluşmaktadır. Kayaç dokusunda karbonat çimentolu doku egemendir. Kayaç tane boyu dağılımı benzer kristallerde homojen düzeyde izlenmiştir. Kayaç mevcut özelliğiyle yersel iri kalsit ve aragonit içeren mikri-sparitik kireçtaşıdır. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Tepelce taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                                                                                                              | Modal Oranı % | Tane Boyutu   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----|
| Kristalize Kalsit<br>(CaCO <sub>3</sub> )                                                                                     | % 5 – 10      | 1/2 – 1 mm    | ANA |
| Aragonit (CaCO <sub>3</sub> )                                                                                                 | % 1 – 5       | 1/2 – 1 mm    |     |
| Mikritik Kalsit                                                                                                               | % 70 – 75     | 1/10– 1/20 mm |     |
| Opak Mineraller<br>Demiroksitler<br>Hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) /<br>Manyetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) | % 1 – 7       | 1/5– 1/2 mm   |     |

### 5.2.8 Gürgenpınarı Taş Ocağı

Bu ocaktan alınan kayaç numunesi, masif yapıda çatlaksız, keskin köşeli ve kıvrımlı, sert, dayanıklı yapıdadır. % 10 luk HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Örnekler incelendiğinde gözenek ve çatlak durumu düşük, zor kırılğan özelliğe sahip mikro taneli, kristalize,

kısmen mermerize kireçtaşı özelliğindedir. Kayaç dokusunda kalsitler yaygın olup, kısmen şekersi görünümlü mermerize şeklinde mikritik doku egemendir. Kristaller çok saf ve ufak boyutlardadır. Bundan dolayı % 10 luk HCl ile tepkime veremeden erimektedir. Kayaç mevcut özelliğiyle mevcut mineralojik bileşimi ve dokusuna göre kristalize saf (mermerize) kireçtaşıdır. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Gürgenpınarı taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                                                   | Modal Oranı % | Tane Boyutu                |     |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|-----|
| Mikritik Kalsit /<br>Mikrokristalin Kalsit<br>(CaCO <sub>3</sub> ) | % 95 – 98     | < 1/20<br>mikron boyutunda | ANA |
| Aragonit (CaCO <sub>3</sub> )                                      | % 1 – 5       | 1/2 – 1 mm                 |     |

### 5.2.9 Çırdak Taş Ocağı

Yapılan makroskopik ve mikroskopik analizlere göre taş ocağına ait kayaç numunesi, bej-kirli beyaz renklerde, mikri-sparitik, keskin ve köşeli kıvrımlı, sert, dayanıklı boşluksuz masif yapıdadır. % 10 luk HCl ile yoğun köpürme izlenmiş ve karbonat grubu mineralleri içeren kayaç olduğu görülmüştür. Kayaç üzerinde mikro dolgu ve damar dolguları şeklinde ikincil oluşumlu kristaller izlenmiştir. Mikritik ve sparitik (mikri sparitik) kalsit kristalleri (özşekilli ve yarı özşekilli) içeren bir doku türü hâkimdir. Kalsitler yarı özşekilli ve özşekilli kristaller halinde iki farklı tane boyut dağılımında izlenmiştir. Mikritik olanlar mikron boyutuna yakın (mikrokopta < 1/10 mm) ve daha büyük özşekilli sparitik kristalize kalsitler şeklinde izlenmiştir. Lokal ve yerel bazda bazı kalsit kristalleri üzerinde alterasyona bağlı hematit ve ince zerrecikler şeklinde manyetitler gelişmiştir. Ayrıca tali oranlarda ayrık taneler şeklinde yarı özşekilli turmalin kristalleri mevcuttur. Kayaç mevcut özelliğiyle karbonat çimentolu kristalize kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Çırdak taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                           | Modal Oranı % | Tane Boyutu   |      |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|------|
| Kristalize Kalsit<br>(CaCO <sub>3</sub> )  | % 40 – 45     | 1/2 – 1/5 mm  | ANA  |
| Sparitik Kalsit                            | % 15 – 20     | 1/5 – 1/10 mm |      |
| Mikritik Kalsit                            | % 10 – 15     | < 1/20 mm     |      |
| Hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )  | % 1 – 5       | 1/4– 1/10 mm  |      |
| Dolgulu Kalsit                             | % 1 – 5       | 1/5 – 1/10 mm |      |
| Turmalin                                   | % 1 – 2       | 1/2 – 1/5 mm  |      |
| Manyetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) | % 0.1 – 0.3   | < 1/20 mm     | TALİ |

#### 5.2.10 Bolkuş Taş Ocağı

Yapılan makroskopik ve mikroskopik analizlere göre taş ocağına ait kayaç numunesi, sert, sağlam, zor kırılğan, keskin köşeli ve kıvrımlı bir yapıdadır. Genel yapısı itibariyle mikritik yarı dolomitleşmiş kristalize kireçtaşı özelliği göstermektedir. % 10 luk HCl ile yoğun köpürme izlenmiştir. Belli seviyelerde ikincil kalsit, silis ve kuvars dolgular gözlenmektedir. Ayrıca yer yer fisür dolgular pirit (FeS<sub>2</sub>), kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>) ve bornitler (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>) sıvama şeklinde yüzeysel bazda izlenmiştir. Ayrıca pirit ve kalkopiritlerin atmosferik ortamda ayrışması sonucunda geliştiği düşünülen limonitleşme görülmektedir. Bu limonitler yüzeysel bazda olup taze iç zonlarda bulunmamaktadır. Kayaç dokusu mikritik kalsitli kısmen ikincil kalsit + kuvars damar dolgulu haldedir. Kayaç mevcut özelliğiyle yarı dolomitleşmiş kireçtaşı olarak sınıflandırılabilir. Taş ocağına ait makroskopik ve mikroskopik petrografik analiz sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Bolkuş taş ocağı petrografik analiz sonuçları.

| Mineral Bileşimi                                                                                                | Modal Oranı % | Tane Boyutu   |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------|
| Kristalize Kalsit                                                                                               | % 70 – 75     | < 1/10 mm     | ANA  |
| Dolomit                                                                                                         | % 20 – 25     | 1/2 – 1/5 mm  |      |
| Kuvars                                                                                                          | % 3 – 5       | 1/7 – 1/10 mm |      |
| Limonit                                                                                                         | % 3– 5        | toprağımsı    | TALİ |
| Pirit (FeS <sub>2</sub> ) / Kalkopirit<br>(CuFeS <sub>2</sub> ) / bornit<br>(Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub> ) | % 1 – 3       | 1/2 – 1 mm    |      |

### 5.3 KİMYASAL ÖZELLİKLER

Agregaların kimyasal özellikleri; ZKÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında, numunelerin Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile ergitilip çözeltiye alınması yöntemiyle tespit edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Taş ocaklarına ait kimyasal analiz sonuçları.

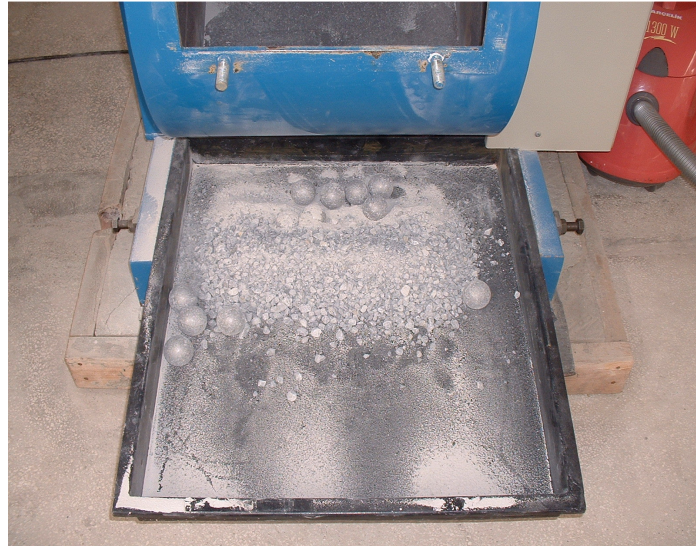
| Taş Ocağı    | SiO <sub>2</sub> % | CaO % | MgO % | K <sub>2</sub> O % | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % |
|--------------|--------------------|-------|-------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Ardıçlıktepe | 12.72              | 46.80 | 0.82  | 0.38               | 2.65                             | 0.55                             |
| Kıyıcak      | 16.9               | 42.75 | 0.87  | 0.50               | 3.30                             | 0.60                             |
| Sapça        | 2.45               | 50.35 | 4.42  | 0.14               | 0.86                             | 0.16                             |
| Akkaya       | 2.86               | 50.50 | 4.38  | 0.12               | 1.49                             | 0.16                             |
| Karlı Köyü   | 17.30              | 41.35 | 0.78  | 0.17               | 2.05                             | 0.50                             |
| Tepelce      | 10.20              | 48.00 | 0.62  | 0.11               | 1.60                             | 0.40                             |
| Çırdak       | 0.80               | 55.55 | 0.67  | 0.15               | 1.55                             | 0.20                             |
| Çuhadaroğlu  | 0.86               | 57.65 | 0.30  | 0.15               | 0.96                             | 0.14                             |
| Gürgenpınarı | 0.25               | 55.95 | 0.67  | 0.03               | 1.11                             | 0.09                             |
| Bolkuş       | 0.80               | 55.20 | 0.30  | 0.16               | 1.46                             | 0.24                             |

## 5.4 FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER

Agregaların dayanıklılık özelliklerini belirlemek amacıyla deneye göre öncelikle ASTM, BS veya TS esas alınarak gerekli deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerle agregaların Los Angeles aşınma, don dayanımı, darbe dayanımı, kırılma dayanımı, su emme oranı, soyulma dayanımı ve özgül ağırlık değerleri belirlenmiştir.

### 5.4.1 Los Angeles (Aşınma) Deneyi

Bu deney için TS EN 1097-2'ye göre 10–12,5 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan ve yıkanarak etüv kurusu haline getirilmiş numuneden 3500 g 12,5-14 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan numuneden ise 1500 g olmak üzere toplam 5000 g numune hazırlanmıştır ( $M_1$ ). Kuru haldeki numune 12 adet çelik küre ile beraber Los Angeles aşınma deney aletinin içine konularak tambur 500 defa döndürülmüştür. 500 devir sonunda deney numunesi bir tepsiye boşaltılmıştır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Aşınma görmüş deney numunesi.

Deney numunesi 1.6 mm göz açıklıklı elekte elenerek elek üzerinde kalan numune tartılmıştır ( $M_2$ ). Eleme sonunda Los Angeles aşınma değeri Denklem 5.1' den hesaplanmıştır.

$$\text{Los Angeles Aşınma (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} * 100 \quad (5.1)$$

Burada, ( $M_1$ ) kurutulmuş numunenin ilk ağırlığını, ( $M_2$ ) ise işlem görmüş numunenin elek üzerinde kalan kısmının ağırlığını ifade etmektedir. Los Angeles aşınma deneyi sonuçları tablo halinde Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Los Angeles aşınma deneyi sonuçları.

| Taş Ocağı    | İlk Ağırlık,<br>( $M_1$ ) (g) | Elekte Kalan,<br>( $M_2$ ) (g) | Fark,<br>( $M_1-M_2$ )<br>(g) | Aşınma Oranı<br>(%) |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Ardıçlıktepe | 5000                          | 3949.0                         | 1051                          | 21.02               |
| Kıyıcak      | 5000                          | 3905.0                         | 1095                          | 21.90               |
| Sapça        | 5000                          | 3897.7                         | 1102.3                        | 22.04               |
| Akkaya       | 5000                          | 3860.4                         | 1139.6                        | 22.79               |
| Karlı Köyü   | 5000                          | 3672.3                         | 1327.7                        | 26.55               |
| Tepelce      | 5000                          | 3544.4                         | 1455.6                        | 29.11               |
| Çırdak       | 5000                          | 3871.6                         | 1128.4                        | 22.56               |
| Çuhadaroğlu  | 5000                          | 3894.5                         | 1105.5                        | 22.11               |
| Gürgenpınarı | 5000                          | 3815.9                         | 1184.1                        | 23.68               |
| Bolkuş       | 5000                          | 3869.9                         | 1130                          | 22.60               |



### 5.4.2 Darbe Dayanımı (İmpact Value) Deneyi

Bu deney için 10–14 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan agregadan gerekli miktarda yıkanarak etüv kurusu haline getirilmiştir. Çelik silindir kap BS 812/112 standardına uygun bir şekilde 3 eşit tabakada numune ile doldurularak her tabaka 25 defa şişlenmiştir. Daha sonra darası alınmış silindir kap, içindeki numune ile birlikte tartılarak ( $M_1$ ) yerine yerleştirilmiştir (Şekil 5.3). Darbe çekici numunenin üzerine gelecek şekilde birer saniye arayla 15 defa bırakılmıştır. Darbelenme işlemi bittikten sonra silindir kap içerisindeki numune 2.36 mm göz açıklıklı elekte elenerek elekten geçen malzeme miktarı bulunmuştur ( $M_3$ ). Eleme sonunda agregada darbelenme altında meydana gelen ufalanma değeri Denklem 5.2’den hesaplanmıştır.

$$\text{Darbe altında ufalanma oranı (\%)} = \frac{M_3}{M_1} * 100 \quad (5.2)$$

Burada, ( $M_1$ ) kurutulmuş numunenin ilk ağırlığını, ( $M_3$ ) ise işlem görmüş numunenin elekten geçen kısmının ağırlığını ifade etmektedir. Darbe dayanımı deneyi ikişer defa yapılmış olup deney sonuçları tablo halinde Çizelge 5.13’de verilmiştir.



Şekil 5.3 Yerine yerleştirilmiş çelik silindir kap.

Çizelge 5.13 Agrega darbe dayanımı deneyi sonuçları.

| Taş Ocağı    | İlk Ağırlık,<br>(M <sub>1</sub> ) (g) |       | Elekte Kalan,<br>(M <sub>2</sub> ) (g) |       | Elekten Geçen<br>Ağırlık,<br>(M <sub>3</sub> ) (g) |      | Ufalanma<br>Oranı (%) |
|--------------|---------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------|----------------------------------------------------|------|-----------------------|
| Ardıçlıktepe | 612.9                                 | 616.1 | 569.9                                  | 574.5 | 43.0                                               | 41.1 | 6.84                  |
| Kıyıcak      | 587.3                                 | 578.0 | 537.7                                  | 525.9 | 48.6                                               | 52.0 | 8.63                  |
| Sapça        | 664.6                                 | 643.9 | 619.8                                  | 603.1 | 44.5                                               | 40.6 | 6.50                  |
| Akkaya       | 612.3                                 | 601.9 | 557.0                                  | 546.1 | 54.6                                               | 55.4 | 9.06                  |
| Karlı Köyü   | 615.0                                 | 620.9 | 560.1                                  | 562.2 | 54.5                                               | 58.4 | 9.13                  |
| Tepelce      | 619.4                                 | 610.8 | 520.3                                  | 522.4 | 98.5                                               | 87.3 | 15.10                 |
| Çırdak       | 614.4                                 | 608.8 | 565.3                                  | 563.7 | 48.9                                               | 44.8 | 7.65                  |
| Çuhadaroğlu  | 611.2                                 | 617.4 | 562.2                                  | 568.9 | 48.3                                               | 47.8 | 7.83                  |
| Gürgenpınarı | 622.0                                 | 617.8 | 549.8                                  | 544.9 | 71.4                                               | 72.8 | 11.63                 |
| Bolkuş       | 647.8                                 | 621.9 | 588.6                                  | 556.0 | 58.9                                               | 65.4 | 9.80                  |

### 5.4.3 Kırılma Katsayısı (Crushing Value) Deneyi

Agreganın kırılma katsayısının tayini için 10–14 mm göz açıklıklı elekler arasında kalan agregadan gerekli miktarda yıkanarak etüv kurusu haline getirilmiştir. 115 mm iç çaplı ve 180 mm iç derinliğe sahip ölçek kabı BS 812/110 standardına uygun bir şekilde 3 eşit tabakada numune ile doldurularak 25 defa şişlenmiştir. Daha sonra darası alınmış ölçek kabı, içindeki numune ile birlikte tartılmıştır ( $M_1$ ). Deney numunesi iki tarafı boş 150 mm iç çaplı çelik silindir içine dökülerek taban plakası ve sondası ile birlikte basınç presi başlıkları arasına yerleştirilmiştir. Basınç presi 10 dakikada 400 kN yüke erişecek şekilde çalıştırılmıştır (Şekil 5.4). 10. dakika sonunda yük boşaltılarak çelik silindir içerisinde sıkışan agreganın numunesi bir kap içine alınmıştır (Şekil 5.5). Sıkışmış agreganın numunesi kap içerisinde çelik silindirin içerisinden çıkarılarak 2.36 mm göz açıklıklı elekte elenmiş ve elekten geçen malzeme tartılmıştır ( $M_3$ ). Eleme sonunda agregada basınç altında meydana gelen ufalanma değeri Denklem 5.3’ den hesaplanmıştır.

$$\text{Basınç altında ufalanma yüzdesi (\%)} = \frac{M_3}{M_1} * 100 \quad (5.3)$$

Burada, ( $M_1$ ) kurutulmuş numunenin ilk ağırlığını, ( $M_3$ ) ise işlem görmüş numunenin elekten geçen kısmının ağırlığını ifade etmektedir. Agreganın kırılma dayanımı deneyi sonuçları tablo halinde Çizelge 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5.4 Agreganın numunesinin basınç altında sıkıştırılması.



Şekil 5.5 400 kN yük altında sıkıştırılmış agrega numunesi.

Çizelge 5.14 Agrega kırılma katsayısı deneyi sonuçları.

| Taş Ocağı    | İlk Ağırlık,<br>(M <sub>1</sub> ) (g) | Elekte Kalan,<br>(M <sub>2</sub> ) (g) | Elekten Geçen<br>Ağırlık,<br>(M <sub>3</sub> ) (g) | Ufalanma<br>Yüzdesi % |
|--------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| Ardıçlıktepe | 2707.2                                | 2075.7                                 | 631.2                                              | 23.31                 |
| Kıyıcak      | 2563.6                                | 1916.0                                 | 646.0                                              | 25.19                 |
| Sapça        | 2617.0                                | 1968.3                                 | 646.8                                              | 24.71                 |
| Akkaya       | 2613.8                                | 1910.2                                 | 701.5                                              | 26.83                 |
| Karlı Köyü   | 2718.2                                | 2011.9                                 | 705.7                                              | 25.96                 |
| Tepelce      | 2632.1                                | 1833.1                                 | 797.2                                              | 30.28                 |
| Çırdak       | 2678.4                                | 2012.7                                 | 665.0                                              | 24.82                 |
| Çuhadaroğlu  | 2701.8                                | 2028.0                                 | 673.0                                              | 24.90                 |
| Gürgenpınarı | 2731.7                                | 1985.8                                 | 745.9                                              | 27.30                 |
| Bolkuş       | 2792.9                                | 2125.6                                 | 665.4                                              | 23.82                 |

#### 5.4.4 K t lece Su Emme Deneyi

Bu deneyde agrega numunesi TS 35262'ya göre 24 saat su içinde bekletilmiştir. Sudan  ıkarılan agrega taneleri bir havlu yardımıyla kurutularak YKSD hale getirilmiş ve tartılmıştır (M<sub>4</sub>). Daha sonra numune 110 ± 5  C deki etüvde değişmez a ırlı a gelinceye kadar kurutularak tekrar tartılmıştır (M<sub>5</sub>). Deney sonunda agreganın su emme oranı Denklem 5.4'den hesaplanmıştır.

$$\text{Su emme oranı (\%)} = \frac{M_4 - M_5}{M_5} * 100 \quad (5.4)$$

Burada, (M<sub>4</sub>) numunenin YKSD a ırlı ını, (M<sub>5</sub>) ise numunenin etüv kuru su a ırlı ını ifade etmektedir. Su emme deneyi sonuçları tablo halinde  izelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15 Agrega su emme deneyi sonuçları.

| Ta  Ocağı    | Numunenin<br>YKSD A ırlı ı,<br>(M <sub>4</sub> ) (g) | Su içindeki<br>Ağırlık,<br>(M <sub>6</sub> ) (g) | Etüv<br>Kurusu<br>Ağırlık,<br>(M <sub>5</sub> ) (g) | Su Emme<br>Oranı (%) |
|--------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| Ardıçlıktepe | 1495.7                                               | 934.3                                            | 1488.1                                              | 0.51                 |
| Kıyıcak      | 1493.7                                               | 935.5                                            | 1484.2                                              | 0.64                 |
| Sapça        | 1499.2                                               | 942.5                                            | 1489.3                                              | 0.66                 |
| Akkaya       | 1496.4                                               | 939.5                                            | 1483.6                                              | 0.86                 |
| Karlı Köyü   | 1497.5                                               | 931.7                                            | 1491.1                                              | 0.43                 |
| Tepelce      | 1497.8                                               | 934.2                                            | 1486.6                                              | 0.75                 |
|  ırdak       | 1499.1                                               | 941.9                                            | 1491.2                                              | 0.53                 |
|  uhadaro lu  | 1496.9                                               | 937.7                                            | 1491.5                                              | 0.36                 |
| G r enpınarı | 1498.6                                               | 945.4                                            | 1491.9                                              | 0.45                 |
| Bolku        | 1489.1                                               | 937.0                                            | 1480.7                                              | 0.57                 |

#### 5.4.5 Sodyum Sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ile Dona Dayanıklılık Deneyi

Agregaların dona dayanıklılığı hızlandırılmış don deneyi yöntemiyle (kimyasal yolla) tespit edilmiştir. Öncelikle deney için gerekli agreg a numunesi TS EN 1367-2 standardına göre hazırlanarak tartılmıştır ( $M_1$ ). Daha sonra agreg a numunesi % 40 oranında sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) çözeltisine do yg un su içine daldırılarak 16-18 saat bekletilmiştir (Şekil 5.6). Bekleme sonunda numune su içinden çıkarılarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değ işmez ağırlığ a gelinceye kadar kurutulmuştur.



Şekil 5.6 Agreg a numunesinin sodyum sülfat çözeltisinde kür edilmesi.

Bu iş lem 5 dö ngü şeklinde tekrarlanarak 5. dö ngü sonunda numune  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  çözeltisinden arındırılmak üzere ılık su ile yıkanmıştır. Deney sonunda kuru haldeki deney numunesi şartnameye göre 10 mm göz açıklıklı elekte elenerek elek üzerinde kalan malzeme miktarı tartılmıştır ( $M_2$ ). Eleme sonunda temsili don etkisi altında agregada meydana gelen kayıp Denklem 5.5’den hesaplanmıştır.

$$\text{Don etkisi altında kayıp (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} * 100 \quad (5.5)$$

Burada, ( $M_1$ ) numunenin ilk ağırlığını, ( $M_2$ ) ise iş lem görmüş numunenin elek üzerinde kalan kısmının ağırlığını ifade etmektedir. Dona dayanıklılık deneyi sonuçları tablo halinde Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16 Dona dayanıklılık deneyi sonuçları.

| Donma-Çözülme Etkisi Altında Aşınma Yüzdesi (%) |         |       |        |            |         |        |             |              |        |
|-------------------------------------------------|---------|-------|--------|------------|---------|--------|-------------|--------------|--------|
| Ardıçlıktepe                                    | Kıyıcak | Sapça | Akkaya | Karlı Köyü | Tepelce | Çırdak | Çuhadaroğlu | Gürgenpınarı | Bolkuş |
| 2.40                                            | 2.82    | 3.86  | 4.64   | 1.00       | 4.48    | 2.14   | 0.80        | 1.92         | 2.32   |

#### 5.4.6 Soyulma Deneyi

Soyulma deneyi için gerekli miktarda agrega numunesi yıkanarak  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Diğer tarafta deneyde kullanılacak bitüm malzemesi 140–150 °C lik etüvde ısıtılmak üzere etüve konulmuştur. Etüv içinde iyice eriyen bitümden 2.5 gr alınarak 50 gr mıcır ile beraber beher içine boşaltılmıştır. Beher içindeki taneler, yüzeyleri bitümle kaplanıncaya kadar çalkalanarak bir gün süreyle 60 °C lik etüvde kür edilmiştir. Kür işlemi sonunda beher içindeki karışım, etüvden çıkartılarak petri kabına aktarılmıştır (Şekil 5.7).

Daha sonra petri kabı saf su ile doldurulup üzeri bir cam kapakla kapatılarak bir gün süreyle kür edilmek üzere tekrardan 60 °C lik etüve yerleştirilmiştir. Kür işlemi sonunda petri kabı etüvden çıkarılarak suyu değiştirilmiştir. Deney sonunda mıcır yüzeylerinin bitümle kaplılığı ışık altında gözle incelenmiştir (Şekil 5.8).

Bitümlü kısımların tüm yüzeylere oranı hesaplanarak soyulmaya karşı dayanıklılık oranı bulunmuştur. Soyulma dayanımı deneyi sonuçları tablo halinde Çizelge 5.17’de verilmiştir.





Şekil 5.7 Etüvden çıkartılan karışımın petri kabına aktarılması.



Şekil 5.8 Mıdır yüzeylerinin ışıık altında gözle incelenmesi.

Çizelge 5.17 Soyulma dayanımı deneyi sonuçları.

| Soyulma Dayanımı Yüzdesi (%) |         |       |        |            |         |        |             |              |        |
|------------------------------|---------|-------|--------|------------|---------|--------|-------------|--------------|--------|
| Ardıçlıktepe                 | Kıyıcak | Sapça | Akkaya | Karlı Köyü | Tepelce | Çırdak | Çuhadaroğlu | Gürgenpınarı | Bolkuş |
| 50.00                        | 50.00   | 55.00 | 55.00  | 50.00      | 55.00   | 50.00  | 50.00       | 50.00        | 50.00  |



#### 5.4.7 Özgöl Ağırlık Deneyi

Özgöl ağırlık deneyi için gerekli miktarda agreg a numunesi TS 3526'ya göre 24 saat su içinde bekletilmiştir. Sudan çıkarılan agreg a taneleri bir havlu yardımıyla kurutularak YKSD hale getirilmiş ve tartılmıştır ( $M_4$ ). Daha sonra agreg a numunesi özel bir düzenekle hazırlanmış tel bir sepet yardımıyla su dolu kabın içine daldırılarak sudaki ağırlığı tartılmıştır ( $M_6$ ). Son olarak numune  $110 \pm 5$  °C deki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır ( $M_5$ ). Deney sonunda agreganın özgöl ağırlığı Denklem 5.6'dan hesaplanmıştır.

$$\text{Agreganın özgöl ağırlığı} = \frac{M_5}{M_4 - M_6} * 100 \quad (5.6)$$

Burada, ( $M_4$ ) numunenin doygun kuru yüzey ağırlığını, ( $M_6$ ) ise numunenin sudaki ağırlığını ifade etmektedir. Deney sonuçları tablo halinde Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18 Agreg a özgöl ağırlık deneyi sonuçları.

| Taş Ocağı    | Numunenin<br>YKSD Ağırlığı,<br>( $M_4$ ) (g) | Sudaki<br>Ağırlık,<br>( $M_6$ ) (g) | Etüv Kuru su<br>Ağırlık,<br>( $M_5$ ) (g) | Özgöl Ağırlık<br>gr/cm <sup>3</sup> |
|--------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| Ardıçlıktepe | 1495.7                                       | 934.3                               | 1488.1                                    | 2.65                                |
| Kıyıcak      | 1493.7                                       | 935.5                               | 1484.2                                    | 2.65                                |
| Sapça        | 1499.2                                       | 942.5                               | 1489.3                                    | 2.67                                |
| Akkaya       | 1496.4                                       | 939.5                               | 1483.6                                    | 2.66                                |
| Karlı Köyü   | 1497.5                                       | 931.7                               | 1491.1                                    | 2.63                                |
| Tepelce      | 1497.8                                       | 934.2                               | 1486.6                                    | 2.63                                |
| Çırdak       | 1499.1                                       | 941.9                               | 1491.2                                    | 2.67                                |
| Çuhadaroğlu  | 1496.9                                       | 937.7                               | 1491.5                                    | 2.66                                |
| Gürgenpınarı | 1498.6                                       | 945.4                               | 1491.9                                    | 2.69                                |
| Bolkuş       | 1489.1                                       | 937.0                               | 1480.7                                    | 2.68                                |

## 5.5 DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tüm taş ocaklarından alınan numuneler % 10 HCl ile yoğun tepkime vermiştir. Petrografik analiz sonuçlarına göre; agrega numunelerinin toplamda % 70–85 oranında kalsit içerdiği tespit edilmiştir. Bunun yanında Akkaya ve Bolkuş taş ocakların da % 20–25 oranında dolomit, % 5–10 oranında kuvars görülmüştür. Kırıyacak, Sapça, Tepelce ve Gürgenpınarı taş ocakları ise % 1–15 oranları arasında aragonit mineral içermektedir. Buradan, bölgedeki kaynakların kireçtaşı ağırlıklı olduğu çıkarılabilir.

Kimyasal bileşimleri yönünden agrega numunelerinin % 41.35–57.65 oranlarında CaO içerdiği görülmüştür. Ayrıca % 0.25–17.30 oranlarında SiO<sub>2</sub>, % 0.30–4.42 oranlarında MgO, % 0.03–0.50 oranlarında K<sub>2</sub>O, % 0.86–3.30 oranlarında Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 0.09–0.60 oranlarında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerdiği belirlenmiştir. Kimyasal analiz sonuçları da bölgedeki kaynakların kireçtaşı ağırlıklı olduğunu doğrulamaktadır.

ASTM C 131'e göre karayollarında aşınma tabakasında kullanılacak agregaların Los Angeles aşınma değeri % 35'den, beton agregası olarak kullanılacak agregaların Los Angeles aşınma değeri ise % 40'dan küçük olmalıdır. Deneylerde ölçülen en düşük aşınma değeri % 21.02 ile Ardıçlıktepe taş ocağına, en yüksek aşınma değeri ise % 29.11 ile Tepelce taş ocağına aittir. Dolayısıyla tüm taş ocaklarının aşınma değerleri, hem beton için hem de karayolu üst yapısı için belirtilen sınır değerlerinin fazlasıyla altındadır. Aşınma dayanıklılığı bakımından bölge kaynaklarının yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

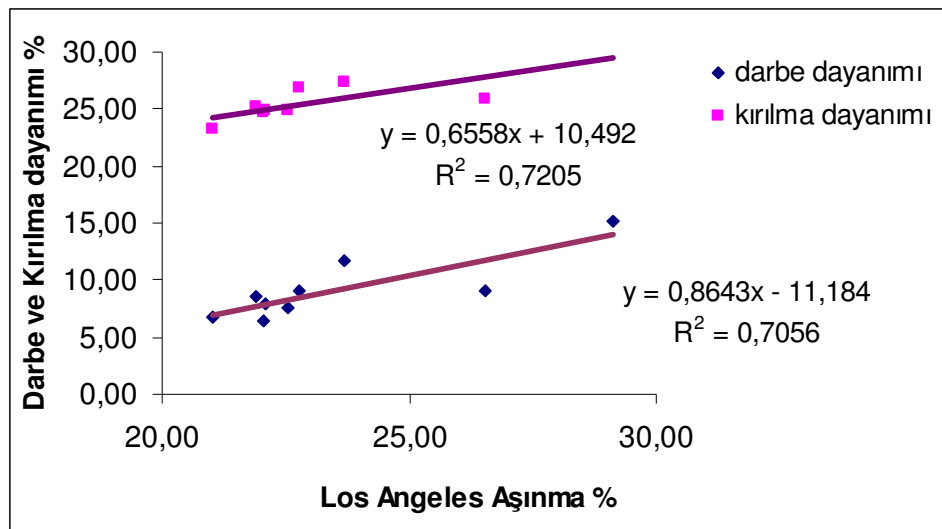
BS 812'ye göre karayolu aşınma tabakasında kullanılacak agregaların darbe dayanım değeri % 30'dan, beton agregası olarak kullanılacak agregaların darbe dayanım değeri ise % 25'den küçük olmalıdır. Deney sonuçlarına göre darbe altında en düşük ufalanma değeri % 6.50 ile Sapça taş ocağına, en yüksek ufalanma değeri ise % 15.10 ile Tepelce taş ocağına aittir. Aşınma dayanımında olduğu gibi darbe dayanımı bakımından da bölgedeki rezervler ilgili standartların kabul ettiği üst sınır değerlerin altında kalmıştır.

BS 812'ye göre karayollarında aşınma tabakasında kullanılacak agregaların ve beton agregası olarak kullanılacak agregaların kırılma katsayısı değeri % 30'dan küçük olması gerekmektedir. Deney sonuçlarına göre basınç altında en düşük ufalanma değeri % 23.31

ile Ardıçlıktepe taş ocağına, en yüksek ufalanma değeri ise % 30.28 ile Tepelce taş ocağına aittir. Tepelce taş ocağına ait kırılma katsayısı değeri çok az da olsa sınır değeri aşmıştır. Fakat aşınma ve darbe dayanımı yönünden yeterli olduğundan bu fark göz ardı edilebilir. Diğer tüm taş ocaklarına ait kırılma katsayısı değerleri belirtilen üst sınır değerini aşmamaktadır.

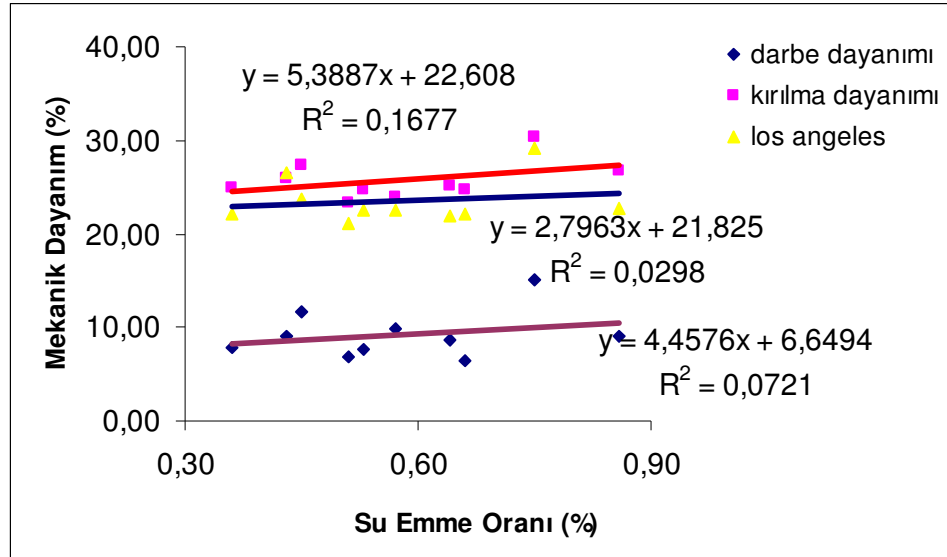
Yukarıda sonuçları verilen üç deney bir arada değerlendirildiğinde Batı Karadeniz Bölgesindeki taş ocaklarından elde edilen agregaların mekanik özellikleri açısından her türlü yapı betonu ve karayolu üst yapısında güvenle kullanılabilir olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Söz konusu testlerle ilgili uluslararası standartların kabul ettiği sınır değerlerin fazlasıyla atında kalan değerler elde edilmiştir.

Los Angeles aşınma dayanımı ile darbe dayanımı ve kırılma katsayısı arasında bir ilişki aranmıştır. Şekil 5.9'da Los Angeles aşınma dayanımı ile darbe dayanımı ve kırılma katsayısı arasındaki değişim gösterilmiştir. Buna göre, agreganın aşınma dayanımı ile darbe dayanımı ve kırılma katsayısı arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Hem darbe dayanımı hem de kırılma katsayısı değerlerinin aşınma dayanımı değerleriyle paralel olarak artış göstermektedir. Dolayısıyla pratik amaçlar için bu üç deneyin birden yapılması gereksizdir. Biri veya en çok ikisinin yapılması agreganın aşınma ve darbe dayanıklılığı ile kırılma katsayısı hakkında yeterli fikir vermektedir.



Şekil 5.9 Los Angeles aşınma dayanımı ile darbe ve kırılma dayanımı arasındaki ilişki.

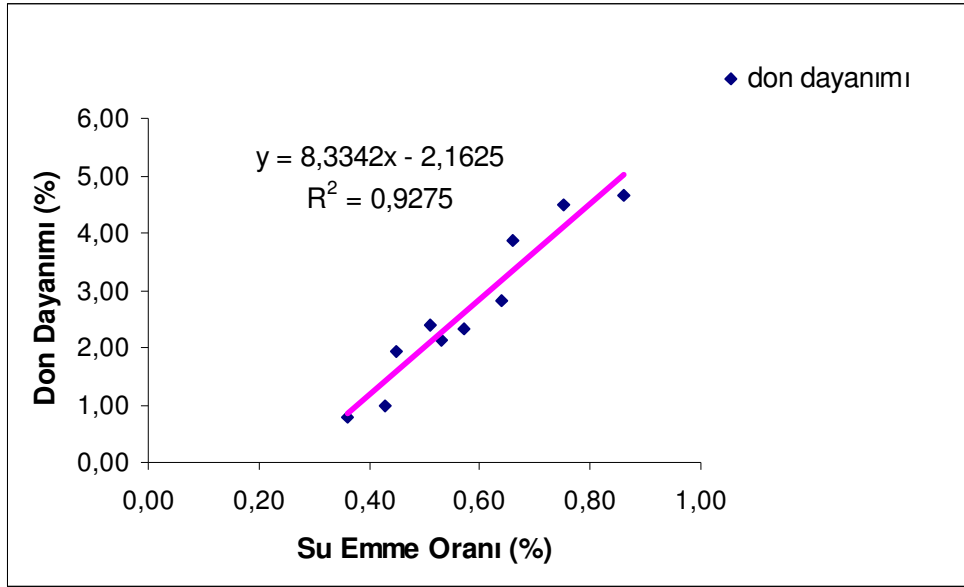
Agreganın su emme kapasitesi özellikle karayolu üstyapısının ve altyapı işlerinde kullanılan betonun durabilite özelliklerini doğrudan etkilemektedir. ASTM C 127'ye göre karayolu aşınma tabakasında kullanılacak agregaların ve beton agregası olarak kullanılacak diğer agregaların su emme kapasitesi % 2.5'den küçük olması gerekmektedir. Elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek su emme kapasitesi % 0.86 ile Akkaya taş ocağına; en düşük su emme kapasitesi ise % 0.36 ile Çuhadaroğlu taş ocağına aittir. Dolayısıyla tüm taş ocaklarının su emme kapasitelerinin ASTM C 127'de belirtilen sınır değerlerini sağladığı görülmüştür. Ayrıca su emme oranları ile agregaların aşınma dayanımı, darbe dayanımı ve kırılma katsayısı gibi mekanik özellikleri arasında ilişki değerlendirilmiştir. Şekil 5.10'da su emme oranı ile Los Angeles aşınma, darbe dayanımı ve kırılma katsayısı değerleri arasındaki değişim gösterilmiştir. Buna göre su emme oranının artması ya da azalmasının agregaların mekanik özellikleri hakkında bir fikir vermediği yani su emme oranı ile agregaların mekanik özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.10 Su emme oranı ile mekanik dayanım arasındaki ilişki.

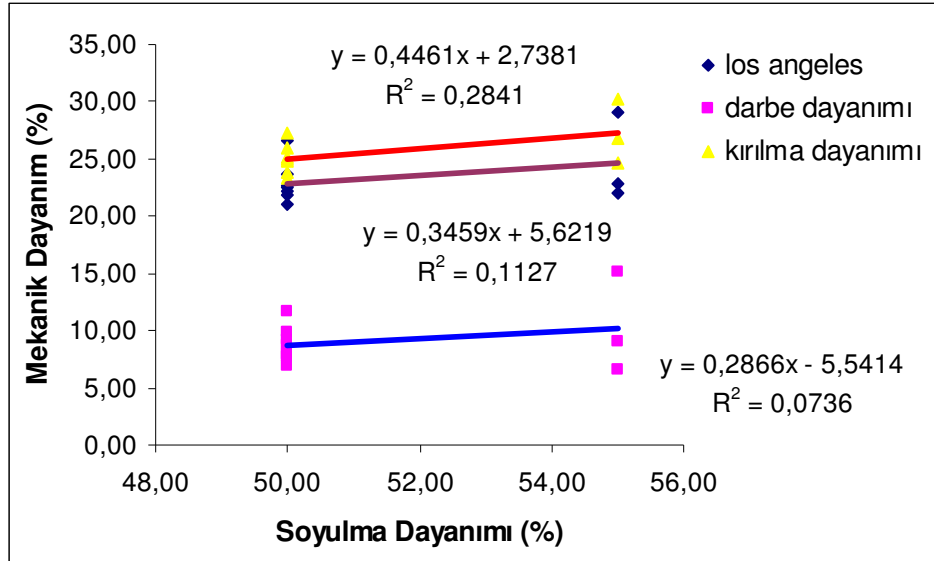
TS EN 1367-2'ye göre karayolu aşınma tabakasında kullanılacak agregaların ve beton agregası olarak kullanılacak agregaların donma-çözülme etkisi altında aşınma kaybı % 12'den küçük olması gerekmektedir. Deney sonuçlarına göre donma-çözülme etkisi altında en yüksek aşınma kaybı değeri % 4.64 ile Akkaya taş ocağına, en düşük aşınma kaybı değeri ise % 0.80 ile Çuhadaroğlu taş ocağına aittir. Tüm taş ocaklarının don etkisi altında aşınma değerleri belirtilen sınır değerleri sağlamıştır. Devamlı olarak atmosfer etkisi

altında olan agregalarda su emme değerinin % 2.5’den büyük olması durumunda donma-çözülme etkisi altında aşınma kaybı önem kazanır. Şekil 5.11’de görüldüğü gibi agregaların su emme oranları ile don dayanımları arasında anlamlı bir ilişki olduğu; su emme değeri yüksek olan agregaların donma-çözülme etkisi altında aşınma kaybı yüzdelerinin de yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 5.11 Su emme oranı ile don dayanımı arasındaki ilişki.

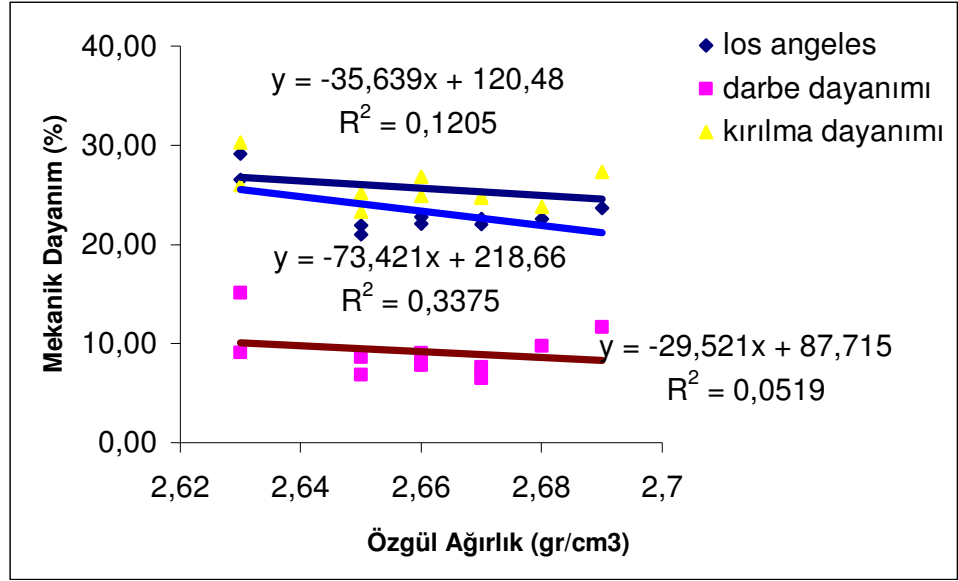
ASTM D-1664-80 standardına göre karayollarında aşınma tabakasında kullanılacak agregaların ve beton agregası olarak kullanılacak agregaların soyulma değeri % 50’den büyük olmalıdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre en yüksek soyulma dayanımı değeri % 55 ile Sapça, Akkaya ve Tepelce taş ocaklarına, en düşük dayanım değerleri ise % 55 ile Ardıçlıktepe, Kırıyacak, Karlı Köyü, Çırdak, Çuhadaroğlu, Gürgenpınarı ve Bolkuş taş ocaklarına aittir. Tüm taş ocaklarının soyulma değerleri % 50’den büyük veya ona eşittir. Karayolu kaplama tabakasının % 95 lik kısmını çeşitli agregalar oluşturur. Karayolu üst yapısında kullanılacak agrega ile asfalt malzemesi arasındaki bağın kuvvetli olması istenir. Dolayısıyla agregaların soyulma dayanımları yol kaplamasının performansı açısından büyük önem taşır. Şekil 5.12’de görüldüğü gibi agregaların soyulma dayanımları ile Los Angeles aşınma dayanımı, darbe dayanımı ve kırılma katsayısı gibi mekanik özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.12 Soyulma dayanımı ile mekanik dayanım arasındaki ilişki.

Agregaların özgül ağırlık değerinin artması belirli bir hacim içerisindeki ağırlığının artmasına sebep olur. Özgül ağırlık değeri betonun mekanik özellikleri açısından dolayısıyla çökme ve stabilite problemlerinde önem kazanan elastik modülü açısından önemlidir. ASTM C-127'ye göre karayollarında aşınma tabakasında kullanılacak agregaların ve beton agregası olarak kullanılacak agregaların özgül ağırlık değeri  $2,60 \text{ gr/cm}^3$  den büyük olmalıdır. Deney sonuçlarına göre en yüksek özgül ağırlık değerinin % 2.69 ile Gürgenpınarı taş ocağına; en düşük özgül ağırlık değerinin ise % 2.63 ile Karlı Köyü ve Tepelce taş ocaklarına ait olduğu; dolayısı ile, tüm taş ocaklarının özgül ağırlık değerleri belirtilen sınır değerlerini sağladığı görülmüştür.

Agregaların özgül ağırlıkları ile Los Angeles aşınma dayanımı, darbe dayanımı ve kırılma dayanımı gibi mekanik özellikleri arasında ilişkide değerlendirilmiştir. Şekil 5.13'de özgül ağırlık değeri ile Los Angeles aşınma, darbe dayanımı ve kırılma katsayısı değerleri arasındaki değişim gösterilmiştir. Buna göre agregaların özgül ağırlıklarının mekanik özellikleri hakkında fikir oluşturmadağı görülmüştür.



Şekil 5.13 Özgül ağırlık ile mekanik dayanım arasındaki ilişki.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 6.1 SONUÇLAR

Bu tez çalışması sonunda ortaya çıkan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Çalışmaya konu olan taş ocaklarına ait tüm kayaç numunelerinin kristalize kireçtaşıdan oluştuğu ve kimyasal analiz sonuçlarına göre agrega numunelerinin kimyasal bileşimlerinde CaO oranının beklendiği gibi yüksek çıktığı görülmüştür.
2. Kayaç numunelerinin ana bileşimlerinin kalsit ağırlıklı bir yapı sergilediği, bunun yanında genel olarak dolomit, kuvars ve aragonit minerallerini içerdiği görülmüştür.
3. Deney sonuçlarına göre aynı kaya türüne sahip (kireçtaşı) agregaların fiziksel, mekanik ve petrografik özelliklerinin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.
4. Aşınma deneyi sonuçlarına göre ASTM C131’de aşınma için verilen üst sınır değeri aşılmadığından bölge rezervlerinin yeterli aşınma dayanıma sahip olduğu söylenebilir.
5. Darbe dayanımı deneyi sonuçlarına göre BS 812’de ufalanma yüzdeleri için verilen üst sınır değeri aşılmamıştır.
6. Kırılma dayanımı deneyi sonuçlarına göre BS 812’de ufalanma yüzdeleri için verilen üst sınır değeri Tepelce taş ocağı hariç diğer ocaklarda aşılmamıştır. Yalnızca Tepelce taş ocağına ait kırılma katsayısı değeri az miktarda verilen üst sınır değerini aşmıştır. Diğer sonuçlarla birlikte bakıldığında bu fark ihmal edilebilir.



7. Su emme deneyinde ASTM C 127’de su emme oranı için verilen üst sınır değeri aşılmamıştır.
8. Don deneyi sonuçlarına göre tüm ocaklar TS EN 1367-2’e göre dona dayanıklıdır.
9. Agregaların soyulma dayanımı deneyi sonuçları ASTM D-1664-80’de soyulma dayanımı için verilen sınır değerinin altına düşülmemiştir.
10. Özgül ağırlık deneyi sonuçlarına göre ASTM C 127’de özgül ağırlık değeri için verilen sınır değerinin altına düşülmemiştir
11. Deneyler sonucunda agregaların su emme oranları ile don dayanımları arasında lineer ters orantılı bir ilişki olduğu, su emme oranı yüksek agregaların don dayanımlarının düşük olduğu görülmüştür.
12. Deneyler sonucunda agregaların mekanik özellikleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu; agregaların Los Angeles aşınma dayanımları, darbe dayanımları veya kırılma katsayısı değerlerinden birinin bilinmesi durumunda diğer mekanik özellikleri hakkında fikir yürütülebileceğini göstermiştir.

## **6.2 ÖNERİLER**

Bu tez çalışması sonunda aşağıdaki önerilerin yapılması uygun görülmüştür.

1. Bu çalışma kapsamında yapılmayan ve durabiliteyi etkileyen diğer özellikleri de kapsayan yeni çalışmalar yapılmalıdır.
2. Bölgeler veya iller bazında ocakların tüm karakteristik özelliklerini içeren bir veri tabanı oluşturulup kullanıcıların bilgisine sunulmalıdır. Böylece her kullanıcı aynı testleri tekrar yapmaktan kurtulmalıdır.
3. Bu çalışma kapsamında yapılan testler diğer bölgeler içinde yapılmalıdır.

4. Karayolu üst yapısı ve beton yapımına uygun taş ocaklarına yönelik kullanılabilirlik çalışmaları sürdürülmelidir.
5. Özel betonlar için uygun agrega özellikleri ve uygun ocak araştırmaları yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Kula, M.** (1999) Agregat işletmeciliğinin Türk hukuk sistemi içindeki yeri. 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.
- [2] **Tepodei, V.** (1999) Natural Aggregates. *United States Geological Survey*, A.B.D. p. 144–97.
- [3] **Anon** (2004) Natural Stone Profile of Turkey. *Türkiye Mermer Doğaltaş ve Makinaları Üreticileri Birliği*, Ankara.
- [4] **Anon** (2003) *World Marketing Handbook*. s.p.a, Italy.
- [5] **Ünal, O.** (2003) Afyon Yöresi Agregaların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması. 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, s. 265–269.
- [6] **Önem, Y.** (1997) *Sanayi Madenleri*, Kozan ofset ve matbaacılık, Ankara.
- [7] **Şengöz, B. ve Ağar, E.** (2005) Asfalt Film Kalınlığının Bitümlü Karışımların Yaşlanmasına Etkisi, *İTÜ dergisi*, İstanbul, Cilt 4 sayı 1, s. 71–82.
- [8] **Yergök, A. F., Ünal A., İplikçi Ü., Karabalık N., Keskin İ., Mengi H., Umut M., Armağan F., Erdoğan K., Kaymakçı H. ve Çetinkaya A.** (1987) *Batı Karadeniz Bölgesi Jeolojisi. Maden Tektik ve Arama Dairesi Başkanlığı, Batı Karadeniz bölgesinin Jeolojisi. MTA Rapor No:298 (Yayınlanmamış)*, Ankara.
- [9] **M.T.A** (2002) 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:2-3, Maden Tektik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [10] **Canca, N.** (1994) *Zonguldak Kömür Havzasının Jeolojisi* (yayınlanmamış). M.T.A Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Zonguldak.
- [11] **Türk Standardı**, (2003) *TS 706 EN 12620 Beton Agregaları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [12] **Erdoğan, T. Y.** (2003) *Beton*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim, Ankara.
- [13] **Postacioğlu, B.** (1987) *Beton*. İTÜ İnşaat Fakültesi, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- [14] **Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H.** (2002) *Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:298, İzmir.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [15] **Türk Standardı**, (1987) *TS 699 Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [16] **Mindess, S., Young, J. F. ve Darwin, D.** (2003) *Concrete*. 2. Published, Prentice Hall.
- [17] **McNally, G. H.** (1998) *Soil and Rock Construction Materials*. 1. Published, E and F.N. Spon, London and New York.
- [18] **Doğangün, A.** (2002) *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*. Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [19] **Sangari.** *Yapı Malzemeleri Laboratuvar El Kitabı* (Yayınlanmamış).
- [20] **Türk Standardı**, (1980) *TS 3527 Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [21] **Türk Standardı**, (1980) *TS 3529 Beton Agregalarının Sıkışık Birim Ağırlıklarının Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [22] **Türk Standardı**, (2000) *TS EN 1097-3 Beton Agregalarının Gevşek Birim Ağırlıklarının Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [23] **Türk Standardı**, (1980) *TS 3526 Beton Agregalarının Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [24] **Türk Standardı**, (2000) *TS EN 1744-1 Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [25] **Karayolları Genel Müdürlüğü** (2003) *Toprak ve Stabilizasyon Laboratuvarı El Kitabı*, Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara
- [26] **Tunç, A.** (2001) *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*. Atlas yayıncılık, Ankara.
- [27] **Türk Standardı**, (2000) *TS EN 1097-2 Agregaların Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [28] **Karayolları Genel Müdürlüğü** (2004) *Yollar Fenni Şartnamesi*, Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, Ankara
- [29] **British Standards Institution** (1975) *Methods For Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sands and Fillers*.
- [30] **Neville, A. M.** (1995) *Properties of Concrete*. Fourth Edition, Pitman Publishing, London.
- [31] **ACI 221R.** (1996) *Guide for use of Normal Weight and Heavyweight Aggregate in Concrete*, American Concrete Institute, Michigan.

#### **KAYNAKLAR (devam ediyor)**

- [32] **Arioğlu, E., Arioğlu, N., Yılmaz, A.O.,** (1999) *Çözümlü Beton Agregaları Problemleri*, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [33] **Demir, M.** (2002) Kaymaya Dayanıklı Yol Kaplamaları. *Hazır Beton Dergisi*, İstanbul, Yıl:9 Sayı 51, s. 66–68.
- [34] **Taşdemir, A. M.** (2002) *Betonun Dayanım ve Durabiliteye Göre Tasarımı ve Üretimi*. İMO İstanbul Şubesi, Sürekli Eğitim Seminerleri, İstanbul.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Özgür MURATOĞLU 1978'de Kayseri'de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Kastamonu Mustafa Kaya Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1997 yılında ZKÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 2001'de bölüm birincisi olarak mezun olduktan sonra 2002–2005 yılları arasında ZKÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı'nda Uzman olarak görev yaptı. Halen, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında yüksek lisans programı öğrencisidir.

## **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Erciyes evler mahallesi  
Enginar caddesi İlbey apartmanı  
20/5 Kocasinan KAYSERİ  
Tel : (352) 2353332  
Faks : (352) 3209606  
E-posta : muratogluozgur@hotmail.com