

**EDİRNE YÖRESİNDEKİ BAZI AGREGA  
VE TAŞOCAKLARI MALZEMELERİNİN  
BETON VE BETON-ASFALT ÜRETİMİNDE  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**MEMDUH KULA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. M. ŞÜKRÜ YILDIRIM**

**2008**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EDİRNE YÖRESİNDEKİ BAZI AGREGA  
VE TAŞOCAKLARI MALZEMELERİNİN  
BETON VE BETON-ASFALT ÜRETİMİNDE  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**MEMDUH KULA**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. M. ŞÜKRÜ YILDIRIM**

**TEKİRDAĞ – 2008**

**Her hakkı saklıdır**

Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM danışmanlığında, İnşaat Mühendisi Memduh KULA tarafından hazırlanan bu çalışma ...../...../..... tarihinde aşağıdaki juri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. İ.Feda ARAL

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. İsrail KOCAMAN

İmza :

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **EDİRNE YÖRESİNDEKİ BAZI AGREGA VE TAŞOCAKLARI MALZEMELERİNİN BETON VE BETON-AŞFALT ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Memduh KULA

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Bu çalışmada Edirne yöresinde bulunan agrega ve taşocakları malzemelerinin beton ve beton-asfalt malzemesi üretiminde kullanılabilirliklerinin araştırması yapılmıştır. Ocaklardan alınan numuneler üzerinde standartların öngördüğü malzemelerin uygunlukları araştırılmıştır. Bu numunelerle üretilen beton ve yol yapım malzemelerinin dayanım ve dayanıklılığını direkt olarak etkileyen agreganın, mevcut ocaklar için mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçları karşılaştırılarak beton ve yol yapım üretiminde en uygun (rantbal) malzemenin seçilmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca Edirne yöresindeki mevcut agrega ve taşocakları malzemelerinin, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek beton ve beton-asfalt içinde kullanılabilirliğinin uygunluğu araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Agrega, Beton, Bitümlü Karışımlar, Yol Üst Yapısı, Granülometri

2008, 78 Sayfa

## **ABSTRACT**

Masters Thesis

### **THE RESEARCH ON THE EMPLOYABILITY OF AGGREGATE AND STONE QUARRIES MATERIALS IN THE PRODUCTION OF CONCRETE AND ASPHALT**

Memduh KULA

Namık Kemal University  
Institute of Science  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

In this study, the research on the employability of aggregate and stone quarries materials in the production of concrete has been carried out. In the results of standard experiments which have been applied to on the samples taken from stone quarries, the engineering properties of aggregate for present quarries directly affecting the strength and resistance of produced concrete and road construction materials with these samples have been determined. By comparing the obtained experiment results, the choice of the most appropriate material in concrete and road construction has been aimed.

Also, aggregate and stone quarries in Edirne region have been found and the appropriateness of its employability in concrete and concrete asphalt has been researched by determining the physical and mechanical properties of aggregate.

Key Words: Aggregate, Concrete, Bituminous Mix, Road On The Construction, Gradation

2008, 78 pages

## **TEŞEKKÜR**

Çalıőmam esnasında yardımlarını esirgemeyen bana her türlü desteği sağlayan Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. M. Sükru YILDIRIM'a,

Yüksek lisans dönemim boyunca değerli fikir ve yorumlarından yararlandığım Sayın Hocam Yrd.Doç. Dr. İ. Feda ARAL'a,

Ayrıca çalıőmam esnasında bana deney, laboratuvar imkanları ve dokümanlar konusunda yardımcı olan tüm özel, kamu kurum ve kuruluşlarına teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca bana her türlü konuda yardımlarını esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ve őükranlarımı sunuyorum.

Memduh KULA  
İnşaat Müh.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETLERİ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. GENEL BİLGİLER .....</b>	<b>7</b>
3.1. Agregalar .....	7
3.2. Agregaların Sınıflandırılması .....	7
3.2.1. Agregaların çıkarıldıkları yerlere göre sınıflandırılması .....	7
3.2.1.1. Dere agregaları .....	7
3.2.1.2. Deniz agregaları .....	7
3.2.1.3. Teras agregaları .....	7
3.2.1.4. Buzul agregaları .....	8
3.2.2. Agregaların birim ağırlıklarına göre sınıflandırılması .....	8
3.2.2.1. Hafif agregalar .....	8
3.2.2.2. Ağır Agregalar .....	8
3.2.2.3. Normal Agregalar .....	8
3.2.3. Agregaların tane boyutlarına göre sınıflandırılması .....	8
3.2.3.1. Agregalar tane sınıfları .....	9
3.2.3.1.1. İri agregalar .....	9
3.2.3.1.2. İnce agregalar .....	10
3.2.3.1.3. Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar .....	11
3.2.3.1.4. Karışık (Tüvenan) agregalar .....	12
3.2.4. Agregaların tane şekillerine göre sınıflandırılması .....	12
3.2.5. Agregaların yüzey dokularına göre sınıflandırılması .....	13
3.2.6. Agregaların üretimlerine göre sınıflandırılması .....	13
3.2.7. Agregaların jeolojik orjinlerine göre sınıflandırılması .....	13
3.2.8. Agregaların minerolojik yapılarına göre sınıflandırılması .....	13
3.2.9. Agregaların reaktif özelliklerine göre sınıflandırılması .....	13
3.3. Agregaların Fiziksel Özellikleri .....	13

3.3.1. Porozite ve nem (rutubet) durumu .....	13
3.3.1.1. Tam kuru taneler .....	14
3.3.1.2. Kuru yüzeyli taneler .....	14
3.3.1.3. Doygun kuru yüzeyli taneler .....	14
3.3.1.4. Tamamen ıslak taneler .....	14
3.3.2. Agregaların birim ağırlığı .....	14
3.3.3. Agregaların özgül ağırlığı .....	14
3.3.4. Agregaların donma-çözülmeye karşı dayanıklılıkları .....	14
3.3.5. Agregaların parçalanmaya karşı direnci .....	15
3.4. Agregaların Mekanik Özellikleri .....	16
3.4.1. Agregaların çarpma dayanımı .....	16
3.4.2. Agregaların kırılma dayanımı (ACV) .....	17
3.5. Agregalara Zararlı Maddelerin Etkisi .....	17
3.6. Agregaların Kullanım Alanları .....	17
3.7. Agregaların Üretim Yöntemleri .....	18
3.7.1. Galeri atımıyla üretim .....	18
3.7.2. Basamak yöntemiyle üretim .....	19
3.8. Agregaların Taşınması ve Depolanması .....	19
3.9. Beton .....	20
3.9.1. İşlenebilirlik.....	21
3.9.2. Kıvam .....	21
3.9.3. Çimento hamuru-agrega oranı .....	21
3.9.4. Agregaların tane dağılımı.....	21
3.9.5. Agregaların şekli ve yüzey şekilleri.....	21
3.9.6. Pompalanabilme .....	21
3.9.7. Betonun içindeki hava miktarı .....	22
3.9.8. Ayırışma ve terleme (Segregasyon).....	22
3.9.9. Zaman (Kür Süresi).....	22
3.9.10. Sıcaklık.....	23
3.9.11. Taze betonun yüzeyinin masterlanıp düzeltilmesi ( Perdahlanması) .....	23
3.9.12. Beton karışım hesabı.....	23
3.10. Yol Üst Yapısı Olarak Beton-Asfalt Kompoziti .....	24
3.10.1. Yol üst yapısında kullanılan agregalar.....	24
3.10.2. Bitümlü karışımlar .....	25



3.10.2.1. Bitümlü karışımların sınıflandırılması .....	25
3.10.2.1.1. Sıcak karışımlar .....	26
3.10.2.1.2. Soğuk karışımlar .....	26
3.10.2.2. Bitümlü karışımların dizaynı .....	26
3.10.2.2.1. Bitümlü karışımların dizayn amaçları .....	27
3.10.2.2.2. Bitümlü karışımların dizaynında temel ilkeler .....	27
3.10.2.3. Bitümlü karışımlardan beklenen fiziksel ve mekanik özellikler .....	29
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>32</b>
4.1. Edirne İli Mühendislik Jeolojisi .....	32
4.2. Taşocakları .....	36
4.3. Doğal agrega ocakları .....	36
4.4. Deneylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri .....	37
4.4.1. Agrega .....	37
4.4.2. Çimento .....	37
4.4.3. Bitüm (AC) .....	38
4.5. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini .....	38
4.5.1. Elek analizi .....	39
4.5.2. Agregada gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık .....	39
4.5.3. Özgül ağırlık ve su emme .....	40
4.5.4. Agrega parçalanma direncinin tayini için Los Angeles deneyi .....	41
4.5.5. Dona dayanıklılık tayini .....	41
4.5.6. Çamurlu madde miktarı tayini .....	41
4.5.7. Agrega darbelene değerin tayini .....	41
4.5.8. Agregalar için yassılık indeksi tayini .....	42
4.5.9. Su tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi (Soyulma Deneyi) .....	42
4.5.10. İncelik modülü tayini .....	42
4.6. Taze Beton Deneyleri .....	42
4.6.1. Taze beton birim hacim ağırlık deneyi .....	43
4.6.2. Taze beton kıvam sınıfları .....	43
4.6.3. Beton klorür içeriği .....	44
4.7. Sertleşmiş Beton Deneyleri .....	45
4.7.1. Basınç dayanımı .....	45
4.7.2. Beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık basınç dayanımı .....	47
4.7.3. Betonda ultrases hızı ile ölçüm .....	48

4.7.4. Özgül ağırlık ve su emme.....	48
4.7.5. Karışım oranları .....	48
4.8. Beton – Asfalt Deneyleri .....	49
4.8.1. Penetrasyon deneyi .....	50
4.8.2. Marshall metodu ile karışım dizaynı.....	50
4.8.3. Marshall stabilite ve akma deneyi .....	50
4.8.4. Optimum bitüm yüzdesinin belirlenmesi .....	52
4.8.5. Tekerlek izinde deformasyon deneyi .....	51
4.8.6. Mekanik batırma deneyi .....	52
<b>5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve ELDE EDİLEN BULGULAR .....</b>	<b>53</b>
5.1. Agreganın Fiziksel Özellikleri ile İlgili Deney Sonuçları .....	53
5.1.1. Elek analizine ilişkin sonuçlar .....	53
5.1.2. Agregaların gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlıkları.....	56
5.1.3. Özgül ağırlık ve su emmeye ilişkin sonuçlar .....	57
5.1.4. Agreganın aşınma dayanımına (Los Angeles) ilişkin sonuçlar .....	60
5.1.5. Agregaların dona dayanıklılığı .....	61
5.1.6. Agreganın yassılık indeksi deney sonuçları.....	61
5.1.7. Çamurlu madde miktarı tayini sonuçları.....	62
5.2. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar .....	63
5.2.1. Sertleşmiş beton deneylerine ilişkin sonuçlar .....	64
5.3. Beton-Asfalt Karışımlarla İlgili Deney Sonuçları .....	68
5.3.1. Marshall metodu ile optimum bitüm yüzdesinin belirlenmesi .....	69
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>71</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>74</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>78</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

Gr	Gram
°C	Santigrad Derece
%	Yüzde
m <sup>3</sup>	Metreküp
Kg/m <sup>3</sup>	Kilogram/metreküp
Kg/dm <sup>3</sup>	Kilogram/desimetreküp
Kgf/cm <sup>2</sup>	Kilogramkuvvet/santimetrekare
N/mm <sup>2</sup>	Newton/milimetrekare
T/m <sup>3</sup>	Ton/metreküp
Dm <sup>3</sup>	Desimetreküp
Gr/cm <sup>3</sup>	Gram/santimetreküp
cm	Santimetre
mm	Milimetre
MPA	Megapascal
cm <sup>2</sup>	Santimetrekare
Kg	Kilogram
Sn	Saniye
"	İnç
Im k	İncelik modülü
fck,sil	En düşük karakteristik silindir dayanımı
fck,küp	En düşük karakteristik küp dayanımı

## 2. Kısaltmalar

AASHTO	Amerikan Eyalet Karayolu ve Trafik Komisyonu
AIV	Agrega Darbelenme Değeri
ASTM C	Amerikan Standardı
A1	Arnavutköy Taşocağı Agregası
B1	Küçükdoğanca Taşocağı Agregası
BD1	Büyükdöllük Doğal Agregası
C	Beton Sınıfı
D	En Büyük Agrega Boyutu
d	En Küçük Agrega Boyutu
H1	Hamzabeyli Taşocağı Agregası
İK1	İğnesiköyü Doğal Agregası
K1	Kapaklı Taşocağı Agregası
KD1	Küçükdöllük Doğal Agregası
LAV	Los Angeles Aşınma Değeri
M1	Mecidiye Taşocağı Agregası
NK1	Necatiye- Kuleli Doğal Agregası
TS	Türk Standartları
VMA	Agregalar Arası Boşluk Yüzdesi
YFş	Yollar Fenni şartnamesi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Trakya Havzası (Orta ve Kuzey) Stratigrafi .....	34
Şekil 4.2. Taşocağı ve doğal agrega ocakları yerlerini gösterir harita .....	35
Şekil 4.3. Elek analizinde kullanılan elek takımı ve elek sarsma makinesi .....	39
Şekil 4.4. Agregada gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık aleti.....	40
Şekil 4.5. Özgül ağırlık deneyinde kullanılan aletler .....	40
Şekil 4.6. Los Angeles aleti .....	41
Şekil 4.7. Tek eksenli basınç aleti .....	45
Şekil 4.8. Schmidt çekicinde vuruş açısı ile maksimum ve minimum mukavemetler bağıntısı .....	48
Şekil 5.1. Taşocağı agrega örneklerine ait granülometri eğrileri .....	54
Şekil 5.2. Doğal agrega örneklerine ait granülometri eğrileri.....	55
Şekil 5.3. Taşocağı numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	66
Şekil 5.4. Doğal agrega numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	68

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Agrega tane sınıflarının belirlenmesinde kullanılan elek göz açıklıkları.....	9
Çizelge 3.2. Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar .....	10
Çizelge 3.3. Genel kullanım amaçlı ince agregalar için tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar .....	11
Çizelge 3.4. Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar için tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar .....	11
Çizelge 3.5. Karışık agregaların tane büyüklüğü dağılımı özellikleri .....	12
Çizelge 3.6. En yüksek donma- çözülme direnç değerlerine göre kategoriler .....	15
Çizelge 3.7. Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığına göre kategoriler .....	15
Çizelge 3.8. En büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre kategoriler .....	16
Çizelge 3.9. Agregaların üretim aşaması ve birim maliyet oranı .....	18
Çizelge 4.1. EN 197-1 CEM I 42,5 R Çimentosuna ait bazı fiziksel ve mekanik dayanım değerleri .....	38
Çizelge 4.2. Bitüm'e (AC) ait özellikler.....	38
Çizelge 4.3. TS 3529' a göre hafif agregaların gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerleri .....	39
Çizelge 4.4. Beton birim hacim sınıfları .....	43
Çizelge 4.5. Çökme sınıfları .....	43
Çizelge 4.6. Vebe sınıfları .....	43
Çizelge 4.7. Sıkıştırılabilirlik sınıfları .....	44
Çizelge 4.8. Yayılma sınıfları .....	44
Çizelge 4.9. Betonun maksimum klorür içeriği .....	44
Çizelge 4.10. TS 500'e göre beton sınıfları ve dayanımları .....	46
Çizelge 4.11. TS EN 206-1 Standardına göre beton sınıfları ve basınç dayanımları .....	47
Çizelge 4.12. Üretilecek betonların kodu .....	49
Çizelge 4.13. Kullanılacak beton örneklerine ait karışım oranları .....	49
Çizelge 4.14. Marshall Metodu ile aşınma tabakası dizayn kriterleri (YFŞ 2004) .....	51
Çizelge 4.15. Minimum VMA değerleri (Tunç 2001) .....	51
Çizelge 5.1. Taşocağı numunelerine ait elek analizine ilişkin sonuçlar .....	53
Çizelge 5.2. Taşocağı agrega numuneleri incelik modülü .....	53
Çizelge 5.3. Doğal agrega ocaklarına ait numunelerin elek analizine ilişkin sonuçlar .....	54

Çizelge 5.4. Doğal agrega numuneleri incelik modülü .....	55
Çizelge 5.5. Taşocakları numuneleri birim ağırlık deneyi sonuç değerleri .....	56
Çizelge 5.6. Doğal agrega numuneleri birim ağırlık deneyi sonuç değerleri .....	57
Çizelge 5.7. Taşocakları agregaları özgül ağırlık deney sonuçları .....	58
Çizelge 5.8. Doğal agregaların özgül ağırlık deney sonuçları .....	58
Çizelge 5.9. Taşocağı numunelerinin su emme deney sonuçları .....	59
Çizelge 5.10. Doğal agrega numunelerinin su emme deney sonuçları .....	59
Çizelge 5.11. Taşocakları agregalarının Los Angeles aşınma deneyi sonuçları .....	60
Çizelge 5.12. Doğal agregalarının Los Angeles aşınma deneyi sonuçları .....	60
Çizelge 5.13. Taşocakları numuneleri Sodyum sülfat ile dayanıklılık tayini deney sonuçları .....	61
Çizelge 5.14. Doğal agrega numuneleri Sodyum sülfat ile dayanıklılık tayini deney sonuçları .....	61
Çizelge 5.15. Taşocakları agregaları yassılık indeksi deney sonuçları .....	62
Çizelge 5.16. Doğal agregalar yassılık indeksi deney sonuçları .....	62
Çizelge 5.17. Taşocakları agregalarının hacimce çamurlu madde oranları .....	62
Çizelge 5.18. Doğal agregalarının hacimce çamurlu madde oranları .....	63
Çizelge 5.19. Taşocakları numunelerinin taze beton deneyi sonuçları .....	63
Çizelge 5.20. Doğal agrega numunelerinin taze beton deneyi sonuçları .....	64
Çizelge 5.21. Taşocağı numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	65
Çizelge 5.22. Hesaplanan basınç dayanımlarına tekabül eden beton sınıfları .....	66
Çizelge 5.23. Doğal agrega numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları .....	67
Çizelge 5.24. Hesaplanan basınç dayanımlarına tekabül eden beton sınıfları .....	68
Çizelge 5.25. Marshall Metodu deney sonuçları .....	69

## 1. GİRİŞ

İnşaat sektörü ve yapı teknolojileri arasında taşıyıcı elemanların yapımında en çok kullanılan malzeme betondur. Beton; bileşenleri olan çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karışımlarından meydana gelmektedir. Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Betonun oluşturan ham maddeler doğada bol miktarda bulunmaktadır. Ucuz sağlanması ve kolay şekil verilmesinin yanı sıra dış etkenlere karşı dayanıklı olması bakımından beton yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur (Baradan, 1997).

Betonun yapısında % 70 oranında mineral yapılı küçük tanelerden oluşan agrega malzemesi bulunmaktadır. Betonun iskeletini oluşturan agreganın özellikleri, betonun işlenebilirliği, dayanım ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Beyazıt, 1998).

Agrega, bağlayıcı olarak adlandırılan malzemelerle karıştırılıp sertleştğinde masif bir kütle meydana getiren kum ve çakıl gibi bir malzemedir. İnce agregalar, uygun bir bağlayıcı malzeme ile birlikte iç ve dış döşeme yüzeyi ve yol kaplama malzemelerini birlikte üretmek için kullanılırlar. Ayrıca agregalar çimento ile borularda, künk tabanlarında, tuğla, taş örülmesinde kullanılan harçta ve kaba agrega bazı asfalt cinslerinde de kullanılırlar (Adams, 1993).

Beton ve beton-asfalt üretiminde özelliklerine tesir eden en önemli faktörlerden birisi kullanılan agregaların niteliğidir. Agreganın fiziksel karakteristikleri, kompozisyonu ve granülometrisi beton ve beton-asfalt üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu nedenlerden ötürü agrega malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri iyi bilinmeli ve buna göre temin edilmelidirler.

Edirne ve çevresinde bulunan, Arnavutköy Taşocağı, Lalapaşa İlçesinde Hamzabeyli Taşocağı, Kapaklı Taşocağı, Keşan ilçesi Mecidiye Taşocağı ve Küçükdoğanca Taşocağı, doğal agrega ocaklarından İğnesi agrega ocağı, Küçükdöllük agrega ocağı, Büyükdöllük agrega ocağı ve Necatiye-Kuleli agrega ocağı malzemeleri bu çalışmada kullanılmıştır. Taşocakları ve doğal agrega ocaklarından elde edilen agregaların özellikleri ile bunların standart ve şartnamelere uygunlukları araştırılmıştır. Konuyla ilgili olarak gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, sözü edilen agrega ocaklarından temin edilen agregaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla elek analizi (tane büyüklüğü dağılımı), agregada



gevşek ve sıkışık birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme, agrega parçalanma direncinin tayini için Los Angeles metodu, sodyum sülfat ile dayanıklılık tayini deneyleri yapılmış ve bulunan sonuçlar çizelge ve grafikler ile sunulmuştur. Fiziksel ve mekanik özellikleri tayin edilen agregalar ile gerekli beton karışım hesabı yapılarak beton numuneleri üretilmiştir. Üretilen bu beton numune örnekleri üzerinde basınç dayanımı yolu ile basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar çizelge ve grafikler halinde sunulmuştur. Yol yapımında kullanılan agregalara yapılan Marshall Dizayn metodu ile beton-asfalt üretimindeki performans değerleri bulunmuştur.

Altı ana bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde çalışmanın önemi ve amacı hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde literatürde yapılan konuyla ilgili çalışma örnekleri verilmiştir. Üçüncü bölümde ocaklardan alınan çalışma materyali olarak seçilen agregalar hakkında genel bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde agregalar üzerinde yapılan deneyler ile beton ve beton-asfalt deneyleri açıklanmış ve standartlara göre gerekli bilgilere yer ayrılmıştır. Beşinci bölümde yapılan deneylerin sonuçları çizelge ve grafikler halinde verilmiş, son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Korkanç ve Tuğrul (2006), Niğde yöresi bazaltlarının agrega kaynağı olarak değerlendirilmesiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada bölgedeki İğredağ bazaltları, Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitleri içerisinde gözlenen bazaltik lavlar seçilmiştir. Seçilen bu malzemeler, bişelim ve dokularına göre onbir fasiyese ayrılarak incelemiştir. Bazaltların petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra, agrega olarak kullanım özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre Karataş volkanitleri ile Melendiz volkanitlerine ait düşük poroziteli, az mikro çatlaklı, sert ve yüksek dayanımlı örneklerin birçok alanda kullanılmalarının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Uğurlu (1989), beton bileşim hesapları yapılırken agrega granülometrisinin ayarlanması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Agrega tanelerinin dağılımı en iyi şekilde granülometri eğrileriyle gösterilebilir. Eğer granülometri eğrisi istenilen şartları sağlamazsa agrega içerisinde su buharlaşarak dona karşı zayıf, geçirgenliği yüksek ve boşluklu bir beton olmasına neden olur. Bu durumda agrega beton yapımında kullanılamaz. İncelik modülü bize agreganın granülometri bileşimi hakkında fikir vermektedir. İncelik modülü standartlarca 4.20 – 5.48 değerleri arasında olması gerekmektedir.

Kırca (2001), Sütçüler –Menteşe çakıl agregasının beton üretiminde kullanılma olanaklarını araştırmıştır. Isparta ve yöresinde agrega potansiyelinin değerlendirilmesi amacıyla yaptığı çalışmada, özellikle mevcut agrega ocaklarına uzak bölgelerde bulunan agregaların beton imalinde kullanılıp kullanılmayacağını incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda, Isparta-Sütçüler ilçesi Mentеше bölgesinde bulunan tahminlere göre 150.000 m<sup>3</sup> rezerve sahip çakıl agregasının beton imalinde kullanılma olanaklarını araştırmıştır. Çalışmada, bölgedeki farklı yerlerden alınan örnekler üzerinde gerekli agrega ve beton deneyler yapılmış ve sonuçta, bu çakıl ocağının işletmeye açılarak değerlendirilmesinin yöre açısından büyük bir kazanç olduğu sonucuna varılmıştır.

Yılmaz, vd. (2004), çalışmalarında, Harşit çayından (Giresun-Tirebolu) elde edilen ve Kuşkayası taşocağı kırma-eleme tesisinde kırılan dere malzemesinin agrega olarak kullanılabilirliğini incelemiştirler. Üç farklı boyutta malzeme üretimi yapılmakta olan tesisten elde edilen malzeme üzerinde tane dağılımı (granülometri), tane şekli(yassılık indeksi), dona dayanıklılık (N2SO4), özgül ağırlık, su emme oranı, aşınma dayanımı (Los Angeles), ince

madde oranı tespitleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, agregalar için mevcut bulunan standart verilerle karşılaştırılmış ve bu verilere uygun olduğu belirlenmiştir.

Alataş vd. (2006), bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan agrega cinsinin kaplamanın fiziksel özelliklerine etkisi adı altında bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada kalker, bazalt incesi kalker- irisi bazalt ve incesi bazalt- irisi kalker olmak üzere dört farklı agrega grubu kullanılmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü Yollar Fenni Şartnamesi için tip II gradasyonlu ortalama değerlere göre Marshall briketleri hazırlanmış ve Marshall stabilite ve indirekt çekme deneyleri yapılmış ve sonuç olarak en ekonomik karışımın kalker, dayanımı en yüksek olan karışım ise bazalt karışımı olduğu görülmüştür.

Keski ve Kılıç (2003), Doğu Akdeniz yöresi bazaltlarının kırmataş olarak değerlendirilme olanakları adlı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Osmaniye Toprakkale ve Hatay Erzin ilçeleri sınırında içerisinde yer alan bazaltların kırmataş olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır. Üç aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada arazi gözlemleri ve kimyasal analizler, ikinci aşamda fiziksel özellikler ve son aşamada ise mekanik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen bulguların analizi, standartlarla karşılaştırılması ve yorumlanması sonucunda bölgede bulunan bazaltların kırmataş olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Beshr (2003), yaptığı çalışmada iri agreganın dört çeşidinin (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, kuvarsitik kireçtaşı ve çelik cürufu), yüksek dayanımlı betonun sıkışma ve çekme dayanımı ve elastisite modülü üzerindeki etkilerini ortaya koymaya amaçlamıştır. En yüksek basınç dayanımı çelik cürufunun, en düşük basınç dayanımını ise kireçtaşı kullanılarak hazırlanan betonlarda elde edildiği ifade etmiştir. Benzer şekilde, en yüksek çekme dayanımını çelik cürufu agregalı betonun verdiği ve bunu dolomitik ve kuvarsitik kireçtaşı agregalı betonların izlediğini, en düşük çekme dayanımının ise kireçtaşı agregalı betonlarda elde edildiğini söylemiştir. İri agreganın türü, betonun elastisite modülünü de etkilemektedir. Zayıf agregalar kullanılarak hazırlanan betonlar, dayanımlı agregalar kullanılarak hazırlanan betonlara oranla daha kırılığandır.

Zarif vd. (2003), İstanbul'daki kireçtaşlarının agrega kalitesi yönünden değerlendirilmesini yaptıkları çalışmalarında, kireçtaşlarının bileşim ve dokusal olarak farklılıkları üzerinde

durmuşlar ve bu değişik özellikteki kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabilirliklerini araştırmışlardır. İncelenen kireçtaşları petrografik ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, kaliteleri ve agrega özellikleri bakımından da standartlarda belirtilen limitler içinde bulunmakta veya bu limit değerlere çok yakın sonuçlar vermekte ve bu nedenle de birçok alanda kullanılabilirlerdir.

Poitevin (1999), kireçtaşı agregaları kullanılarak üretilen betonların kullanılabilirliğini ve dayanıklılığını incelemiştir. Yaptığı çalışmayı üç kısma ayırmış olup, kireçtaşının portland çimentosu olarak kullanılmasını, kireçtaşı fillerinin çimentoya katkı maddesi eklenmesi durumunu ve kireçtaşının agrega olarak beton bileşiminde kullanılmasını incelemiştir. Kırmataş niteliğindeki kireçtaşı agregalarının betonda kullanılabilirliğinin en önemli ölçütlerinden birinin Los Angeles aşınma dayanımı olduğu belirtilmiş ve alkali-agrega reaksiyonu tehlikesi nedeni ile detaylı ve sistematik incelemeler yapılması ve gerektiğini belirtmiştir. Kireçtaşı fillerinin, portland çimentosuna katkı maddesi olarak eklenmesi durumunda bu oranın alkali-agrega reaksiyonu tehlikesi nedeniyle %5 ile sınırlı kalması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca düşük su emme değerine (< %2) sahip agregalar kullanılması durumunda yüksek dayanımlı beton elde edilebileceğini belirtmiştir.

Yıldırım ve Yılmaz (2002), çalışmalarında Sivas ili Yıldızeli ilçesinin doğusunda yer alan Yıldız Irmağı çökellerinin beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma esnasında Yıldız Irmağı üzerinde bulunan iki ayrı agrega ocağından alınan örnekler üzerinde tane boyu dağılımı (granülometri), birim ağırlık, özgül ağırlık, Los Angeles aşınma kaybı, su emme, dona karşı dayanıklılık (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kil topakları içeriği ve ince madde oranı deneyleri yapılmış, değerleri bulunmuştur. Tane şekli ve mineralojik bileşimleri (XRD ile) belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, Yıldız Irmağı çökellerinin dona karşı dayanım değerlerinin TS 707 (1980)'de verilen sınır değerlerinin dışına çıktığı diğer agrega özelliklerini sağlayabildiği belirlenmiştir. Söz konusu malzemelerin Sivas ve civarında kullanılacağı, bu bölgenin iklimi dikkate alındığında dona karşı dayanım değerlerinin düşük olmasının sorun yaratacağı ve bu sorunun çözümüne yönelik bazı önlemlerin alınması gerektiği tespit edilmiştir.

Orhan ve Yalçın (2004), bazalt ve kalker olmak üzere iki farklı cins agrega üzerinde normal bitüm ve polimer modifiye bitüm kullanarak, aşınma tabakası karışımlarından, optimum bitümde, optimum bitümün üzerinde ve optimum bitümün altında değişik bitüm yüzdelerinde,

hazırlanan Marshall Stabiliteleri ile indirekt çekme mukavemetleri ve trafik simulator cihazı ile belirlenen tekerlek izi oturma miktarlarını bulmuşlardır. Bazalt agregası kullanılan karışımlarda tekerlek izi deformasyonunun gradasyonunun kalker agregaya göre ince olmasına rağmen bir miktar azaldığını göstermişlerdir. Yazarlar, bazalt agregada orta malzemenin daha fazla kullanıldığında tekerlek izi deformasyonunun daha da düşeceğini belirtmişlerdir.

### **3. GENEL BİLGİLER**

#### **3.1. Agregalar**

Beton üretiminde ve yol inşaatında kullanılan agregalar kum, çakıl, kırmataş, cüruf gibi çeşitli büyüklükteki daneli malzemelerden oluşur. Agregalar bağlayıcı yardımıyla beton ve beton-asfalt yapımında kullanılırlar. Agregalar doğada köken itibariyle; Doğal Agregalar ve Suni (Yapay) Agregalar olarak ikiye ayrılırlar. Doğal agrega; teraslardan, nehirlerden, denizlerden, göllerden ve taşocaklarından elde edilen kırılmış veya kırılmamış agrega vardır. Yapay agrega ise yüksek fırın cüruf taşı, yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış agregalardır.

#### **3.2. Agregaların Sınıflandırılması**

Agregalar birçok özelliklerine göre sınıflandırılabilir.

##### **3.2.1. Agregaların çıkarıldıkları yerlere göre sınıflandırılması**

Akarsu yatağı (dere), deniz, buzul ve teras agregası olarak gruplandırılırlar.

###### **3.2.1.1. Dere agregaları**

Akarsu yataklarındaki agrega ocakları en çok rastlanan ve genellikle en fazla arzu edilen kaynaklardır. Çünkü şu üstünlükleri vardır.

1. Agregalar taneleri genellikle yuvarlaktır.
2. Akıntı nedeniyle agrega ufalanmakta ve uygun bir granülometriye sahip olmaktadır.
3. Sürüklenme sırasında meydana gelen aşınmalar zayıf parçaların ufalanarak kısmen elenmesini sağlamaktadır.
4. Kompoziteleri yüksek olduğundan beton dayanımına etkileri fazladır.

###### **3.2.1.2. Deniz agregaları**

Bunlar tekdüze taneli ve genellikle ince malzemelerdir.

###### **3.2.1.3. Teras agregaları**

Yamaç birikintileri dik ve yüksek yamaçlardan kayan ve kopan kaya parçalarının dip kısmında birikmesiyle meydana gelirler.

### **3.2.1.4. Buzul agregaları**

Buzul depoziteleri kuzey paralel dereceleri ile yüksek rakımlarda bulunmaktadır. Bunlar, buzul depoziteleri, gerçek ve nehir buzul depoziteleri olmak üzere olmak ikiye ayrılırlar. Gerçek buzul depoziteleri akarsu hareketlerine maruz kalmadıklarından çok fazla üniformluluk gösterdiklerinden dolayı beton agregası olarak kullanılmaya elverişli değildirler. Nehir buzulu depoziteleri ise genellikle uygun agrega malzemesi olarak kullanılabilir.

### **3.2.2. Agregaların birim ağırlıklarına göre sınıflandırılması**

Agregalar genel olarak üç grup altında toplanırlar.

#### **3.2.2.1. Hafif agregalar**

Birim ağırlığı  $2,4 \text{ t/m}^3$ 'ten küçük ve hafif beton elde etmek için kullanılırlar. Betonun birim ağırlığını azaltmak ses ve ısı yalıtım özelliklerini artırmak için bazen de, cüruf vb. gibi atık malzemeleri değerlendirmek için kullanılan agregalardır. Boşluklu yapıya sahip, su emmeleri ve boşluk oranları yüksektir. Tabiatı doğrudan doğruya veya dolaylı olarak elde edilebilirler. Bu agregaları sünger taşı, (Pomza ,bims), volkan tüfleri, diyatamit, yüksek fırın cürufu, hızar talaşı, rende talaşı ve genişletilmiş kil, perlit, şist vb. isimler altında sayılabilir.

#### **3.2.2.2. Ağır agregalar**

Ağır beton üretmek için kullanılırlar. Birim ağırlıkları  $2,8 \text{ ton/m}^3$ 'ten büyüktür. Doğal agregalar arasında; barit, manyetit, hematit, limonit örnek olarak verilebilir. Ağır agregalar nükleer santral gibi su deposu, hastanelerde röntgen odaları gibi geçirimsizliği az kompozitesi yüksek beton üretimi istenen yerlerde kullanılır.

#### **3.2.2.3. Normal Agregalar**

Birim ağırlıkları  $2,4-2,8 \text{ t/m}^3$  arasında olan agregalardır. Uygulamada en çok kullanılan agrega çeşididirler.

### **3.2.3. Agregaların tane boyutlarına göre sınıflandırılması**

Agregalar tane boyutlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır (Anonim 2003).

### 3.2.3.1. Agrega tane sınıfları

Dolgu maddesi olarak kullanılan agregalar dışındaki bütün agregalar, d/D oranı kullanılarak tane sınıfı cinsinden belirlenir. Agrega tane sınıfları, çizelge 3.1.'de verilen temel elek serisi veya temel elek serisi + seri 1 veya temel elek serisi + seri 2 gruplarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak bulunur. Temel elek serisi 1 ve seri 2'den seçilen elek göz açıklıkları kombinasyonlarının kullanılmasına izin verilmez. Agrega tane sınıfları, 1,4'ten daha küçük bir d/D oranına sahip olmalıdırlar (Anonim 2003).

**Çizelge 3.1.** Agrega tane sınıflarının belirlenmesinde kullanılan elek göz açıklıkları (Anonim 2003)

Temel Elek Serisi	0	1	2	4	-	-	8	-	-	-	-	16	-	-	31,5(32)	-	-	63
Temel Elek Serisi +1 (mm)	0	1	2	4	5,6(5)	-	8	-	11,2(11)	-	-	16	-	22,4(22)	31,5(32)	-	45	63
Temel Elek Serisi +2 (mm)	0	1	2	4	-	6,3(6)	8	10	-	12,5(12)	14	16	20	-	31,5(32)	40	-	63

Bu çizelgede parantez içinde gösterilen yuvarlatılmış büyüklükler, agrega tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilirler (Anonim 2003).

#### 3.2.3.1.1. İri agregalar

Bütün iri agregalar d/D tane sınıfı gösterilişine ve Çizelge 3.1 'deki seçilen kategorilere uygun olarak Çizelge 3.2 'deki belirtilen genel tane büyüklüğü dağılımı özelliklerine uygun olmalıdır.



**Çizelge 3.2.** Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar (Anonim 2003)

Agrega	Tane Büyüklüğü (mm)	Elekten Geçen Kümülatif (%)					Kategori, G <sub>d</sub>
		2 D	1,4 D <sub>a,b</sub>	D <sub>c</sub>	D <sub>b</sub>	d/2 <sub>a,b</sub>	
İri	D/d≤2 veya D≤11,2mm	100	98-100	85-99	0-20	0-5	G <sub>c</sub> 85/20
		100	98-100	80-99	0-20	0-5	G <sub>c</sub> 80/20
	D/d>2 ve D>11,2mm		98-100		0-15	0-5	G <sub>c</sub> 90/15
İnce	D≤4 mm ve d=0	100	95-100	90-99	-	-	G <sub>f</sub> 85
Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8	D= 8 mm ve d= 0 mm	100	98-100		-	-	G <sub>ng</sub> 90
Karışık	D≤ 45 ve d= 0 mm	100	98-100	90-99	-	-	G <sub>a</sub> 90
		100	98-100				G <sub>a</sub> 85

- Hesaplanan elek numaralarının, ISO 565:1990 R 20 serisindeki tam numaralar olmaması durumunda, bir sonraki en yakın elek göz açıklığı kullanılmalıdır.
- Kesikli granülometriye sahip agregadan yapılan beton veya diğer özel kullanımlar için ilave özellikler belirtilebilir.
- Elekten geçen yüzde (D), kütlece %99'dan daha büyük olabilir, ancak bu durumlarda D, d, d/2 göz açıklıklı elekleri ile temel serisi + seri 1'deki veya d ile D arasında yer alan temel elek serisi + seri 2'deki elekler dahil olmak üzere tipik tane büyüklüğü dağılımını belgelendirmeli veya beyan etmelidir. Bir önceki alt elek göz açıklığının 1,4 katından daha küçük orana sahip elekler kullanılmayabilir.
- Diğer agrega ürün standartları, kategoriler için farklı özelliklere sahiptir.

### 3.2.3.1.2. İnce agregalar

İnce agregalar, üst elek göz açıklığına (D) uygun olarak Çizelge3.1.'de verilen genel tane büyüklüğü dağılımı şartlarını sağlamalıdır. Aşağıda belirtilen ilave özellikler, ince agregaların değişkenliğinin kontrol edilmesi amacıyla uygulanmalıdır.

**Çizelge 3.3.** Genel kullanım amaçlı ince agregalar için tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar (Anonim 2003)

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen kümülatif (%) toleransları		
	0/4	0/2	0/1
4	±5 a)	-	-
2	-	± 5 a)	-
1	±20	± 20	± 5 a)
0,250	±20	± 25	± 25
0,063	±3	± 5	± 5

a) ± 5'lik toleranslar, çizelge 2'de elekten geçen yüzde(D) değerleriyle daha da sınırlı hale gelir.

### 3.2.3.1.3. Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar

Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar, çizelge 3.1.'de belirtilen tane büyüklüğü dağılımı şartlarını sağlamalıdır. Aşağıda belirtilen ilave özellikler, doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregaların değişkenliğinin kontrol edilmesi amacıyla uygulanmalıdır.

**Çizelge 3.4.** Doğal olarak sınıflandırılmış 0/8 mm'lik agregalar için tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar ( Anonim 2003 )

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen kümülatif ( %) toleransları
8	± 5
2	± 10
1	± 10
0,250	± 10
0,125	± 3
0,063	± 2

### 3.2.3.1.4. Karışık (Tüvenan) agregalar

Karışık agregalar,  $D \leq 45$  mm ve  $d = 0$  olan iri ve ince agregaların karışımından oluşan ve Çizelge 3.1.' de seçilen kategori için genel tane büyüklüğü dağılımı özelliklerine uygun olmalıdır. Karışık agregalar ayrıca agrega tane büyüklüğüne uygun olarak Çizelge 3.5.'de belirtilen iki ara elekten geçen yüzde kısmı için öngörülen özelliklere sahip olmalıdır.

**Çizelge 3.5.** Karışık agregaların tane büyüklüğü dağılımı özellikleri (Anonim 2003)

Agrega tane büyüklüğü (mm)		Aşağıda gösterilen eleklerin genel sınırları (Elekten geçen kütlece yüzde)	
Temel elek serisi +seri 1	Temel elek serisi +seri 2	40 ± 20	70 ± 20
		Elekler için (mm)	
-	0/6,30	1	4
0/8	0/8	1	4
-	0/10	1	4
0/11,20(11)	-	2	5,6(5)
-	0/12,50(12)	2	6,3(6)
-	0/14	2	8
0/16	0/16	2	8
-	0/20	2	10
0/22,40(22)	-	2	11,20(11)
0/31,50(32)	0/31,50(32)	4	16
-	0/40	4	20
0/45	-	4	22,4(22)

Çizelgede parantez içinde verilen rakamlar, agrega tane büyüklüklerinin basitleştirilmiş gösterilişi olarak kullanılabilir.

### 3.2.4. Agregaların tane şekillerine göre sınıflandırılması

1. Yuvarlak Agregalar
2. Köşeli Agregalar
3. Yassı Agregalar
4. Uzun Agregalar

### **3.2.5. Agregaların yüzey dokularına göre sınıflandırılması**

1. Düzgün Yüzeyleli Agregalar
2. Granüler Yüzeyleli Agregalar
3. Pürüzlü Yüzeyleli Agregalar
4. Kristal Yüzeyleli Agregalar
5. Petekli Yüzeyleli Agregalar

### **3.2.6. Agregaların üretimlerine göre sınıflandırılması**

1. Doğal (kum, çakıl, kırmataş vb.)
2. Yan ürün(yüksek fırın cürufu)
3. Isıl işleme tabi tutulmuş (Genleştirilmiş perlit)

### **3.2.7. Agregaların jeolojik orjinlerine göre sınıflandırılması**

1. Magmatik Agregalar
2. Tortul Agregalar
3. Metamorfik Agregalar

### **3.2.8. Agregaların minerolojik yapılarına göre sınıflandırılması**

1. Silis Mineralli Agregalar
2. Karbonat Mineralli Agregalar
3. Mikalı Agregalar

### **3.2.9. Agregaların reaktif özelliklerine göre sınıflandırılması**

1. Reaktif Agregalar
2. Reaktif olmayan Agregalar

## **3.3. Agregaların Fiziksel Özellikleri**

### **3.3.1. Porozite ve nem (rutubet) durumu**

Kaba agrega tanelerinin boşluklarının (porozitesinin) az olması bu tanelerin mukavemetinin genelde yüksek bir değer almasına sebep olur. Porozitenin yüksek olması ise, agreganın donmaya ve çevre etkilerine dayanıklılığını azaltır. Agregaların % 12'den az su emmesi normal kabul edilir. Boşluklu malzemenin donmaya karşı dayanıklı olması için donma

derecelerinin % 80'den küçük olması gereklidir. Doğunluğuna göre agrega tanelerini şöyle sıralanabilir.

#### **3.3.1.1. Tam kuru taneler**

Bünyelerinde su olmayan tanelerdir.

#### **3.3.1.2. Kuru yüzeyli taneler**

Tane yüzeyi tamamen kuru fakat, tanelerin içindeki boşluklarda bir miktar su bulunan tanelerdir.

#### **3.3.1.3. Doğun kuru yüzeyli taneler**

Yüzeyleri tamamen kuru fakat tane içindeki boşlukları tamamen suyla dolu tanelerdir.

#### **3.3.1.4. Tamamen ıslak taneler**

Hem tane yüzeyleri ıslak hem de içindeki bütün boşlukları suyla dolu olan tanelerdir. Rutubet iki şekilde önemlidir. Birincisi ince agrega yani kumda kabarmaya sebep olacağından, kumdaki kabarma dikkate alınmadan katılırsa gerçek hacminden fazla görüneceğinden, 1 m<sup>3</sup> betona giren kum az olacak dolayısıyla boşluklu bir beton üretilecektir. İkincisi ise daha önemli su miktarı göz önüne alınmadan agrega kuruymuş gibi su katılırsa beton dayanımında fazla sudan dolayı önemli düşüşler olacaktır. Bu sebepten rutubet miktarı tayin edilerek o miktardan karışıma daha az su katılması gerekir.

#### **3.3.2. Agregaların birim ağırlığı**

Birim ağırlık bilinen bir hacmi dolduran ağırlığın o hacme oranı şeklinde tanımlanabilir. Birim ağırlığı, sıkışık birim ağırlık ve gevşek birim ağırlık olmak üzere iki çeşittir.

#### **3.3.3. Agregaların özgül ağırlığı**

Agregaların özgül ağırlığı gerçek birim hacmine karşılık gelen ağırlığı olarak tanımlanır. Agregaların özgül ağırlığı beton karışım hesaplarının yapılması için gereklidir. Genel olarak özgül ağırlık: 2.2-2.7 Kg/dm<sup>3</sup> arasında değerler alır (Anonim 2003).

#### **3.3.4. Agregaların donma-çözölmeye karşı dayanıklılıkları**

Agregaların donmaya karşı dayanıklılıklarını saptamak için yaygın olarak kullanılan iki çeşit deney vardır.

- NaSO<sub>4</sub> (Sodyum Sülfat) çözeltisi ile,
- Dondurma yöntemi uygulanarak agregaların donmaya karşı dayanıklılığı saptanır.

**Çizelge 3.6.** En yüksek donma- çözülme direnç değerlerine göre kategoriler  
(Anonim 2003)

Donma- Çözülme (Kütlece yüzde kaybı)	Kategori
$\leq 1$	F <sub>1</sub>
$\leq 2$	F <sub>2</sub>
$\leq 4$	F <sub>4</sub>
$> 4$	F <sub>beyan</sub>

**Çizelge 3.7.** Magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don  
dayanıklılığına göre kategoriler (Anonim 2003)

Magnezyum sülfat değeri (Kütlece yüzde kaybı)	Kategori
$\leq 18$	MS <sub>18</sub>
$\leq 25$	MS <sub>25</sub>
$\leq 35$	MS <sub>35</sub>
$> 35$	MS <sub>beyan</sub>

### 3.3.5. Agregaların parçalanmaya (Los Angeles) karşı direnci

Agregaların parçalanmaya karşı direnci agreganın aşınma ve darbelenme etkilerine karşı dayanıklılığını belirlemek için yapılır. Los Angeles deney metodu uygulanarak yapılan deneye göre Los Angeles katsayısı tespit edilir.

**Çizelge 3.8.** En büyük Los Angeles katsayısı değerlerine göre kategoriler  
(Anonim 2003)

Los Angeles katsayısı	Kategori, LA
$\leq 15$	LA15
$\leq 20$	LA20
$\leq 25$	LA25
$\leq 30$	LA30
$\leq 35$	LA35
$\leq 40$	LA40
$\leq 50$	LA50
$> 50$	LA <sub>beyan</sub>

### 3.4. Agregaların Mekanik Özellikleri

Mekanik mukavemeti yüksek olan agregaya ile üretilen betonların da mukavemeti yüksek olur. Mekanik mukavemeti ölçmek için en uygun yol basınç mukavemeti ölçmektir. Agregaların basınç mukavemetleri betona göre oldukça yüksektir. Beton mukavemeti normal dayanımlı betonlar için maksimum 250 kgf/cm<sup>2</sup>, yüksek dayanımlı betonlar için 500 kgf/cm<sup>2</sup> iken agregaya dayanımı çeşitlerine göre 3500 kgf/cm<sup>2</sup>'ye kadar çıkabilmektedir. Agregaların basınç mukavemeti için çelik bir silindir içine bir miktar iri agregaya konular, basınç uygulanır ve ufalama miktarı ölçülür. Agregaların 8 mm'lik elekten elendiğinde ufalanma %35'ten az olması halinde, mukavemetin yeterli olduğuna karar verilir.

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan yöntem Los Angeles deneyi ile agregalardaki aşınmanın saptanmasıdır. Los Angeles aleti içine agregaya ile birlikte çelik küreler atılır ve 100 ile 500 sonucu ufalanmalara bakılır. 100 devir sonucu ufalanma %10 daha az ise ve 500 devir sonucu ufalanma %40'tan az ise beton yapımı için uygundur (Anonim 2003).

#### 3.4.1. Agregaların çarpma dayanımı

Agregaların darbeye karşı mukavemetini öğrenmek için silindir bir kap içine konan agreganın üzerine bir ağırlık, belirli bir yükseklikten belirli sayıda düşerek malzeme çarpma etkisi altında tutulur. Daha sonra malzeme alınıp elekten elenir. Elekten geçen miktara göre agregaların çarpmaya dayanıklılığı hakkında karar verilir. Bu deneye agregada Darbe Katsayısı (İmpact Value) tayini deneyi denir.

### **3.4.2. Agreganın kırılma dayanımı (ACV)**

Kademeli olarak uygulanan sıkışma yükleri altında agreganın kırılma dayanımına dair göreceli bir değer verir. Test yöntemi 10-14 mm boyut arasında yüzey kuru-suya doymuş durumdaki iri agregalara uygulanır. Bu test metodundan elde edilen veriler ne kadar küçük ise agreganın mekanik etkilere o derece dayanımlıdır. BS 812 (1980) 'de betonun mekanik etkilere karşı dayanım gösterebilmesi için ACV değerinin %30'dan daha düşük değerde olmalıdır.

### **3.5. Agregalara Zararlı Maddelerin Etkisi**

Agrega da zararlı maddeler;

- Bağlayıcının ayrışmasına
- Bağlayıcının genişleyerek betonun parçalanmasına
- Bağlayıcının genişleyerek betonun kabul edilebilir sınırdan fazla derecede çatlamasına
- Çimento hamuru ve agreganın arasında yapışmayı engelleyerek geçiş bölgesindeki mukavemetin zayıf olmasına,
- Agregalardaki yumuşak ve mukavemeti zayıf tanelerde beton mukavemetinin zayıf olmasına sebep olurlar. Bu sebeple bu problemlerle karşılaşmamak için, agregalara ilgili deneyler yapılarak uygun oldukları belirlendikten sonra kullanılmaları gerekmektedir.

### **3.6. Agregaların Kullanım Alanları**

- Çimento enjeksiyon harcı; Betonda bağlayıcı madde olarak kullanılır ve içerisinde 60-80 mm boyutlarında agreganın içerir.
- Hazır beton 0-25 mm boyutlar arası agreganın içerir.
- Dolgu işleri ; altyapı işlerinde, madencilikte, yol katmanlarında alt katman olarak kullanılır. 25-125 mm boyutlarında agreganın içerir.
- Balast; ray sisteminin bir parçasıdır. Traverten aldığı yükü zemine iletir. Kullanılan agreganın boyutu 25-125 mm'dir.
- Dış Sıva harcı; kullanılan agreganın boyutu ince 0-3 mm'dir.
- Hafif Beton; kullanılan agreganın boyutu max. 25 mm'dir. Ayrıca doğal agregalar yüksek fırın cürufu agregası, genişletilmiş perlit agregası, uçucu kil agregası, genişletilmiş kil agregasıdır.
- Nükleer santrallerde radyasyon geçişini önlemek için ağır beton yapımında ağır agregalar kullanılır. Bunlar demir saçması, limonit, magnetit, ve barittir.
- Beton- asfalt üretiminde 0-25 mm boyutlarında kullanılabilir.



### 3.7. Agregaların Üretim Yöntemleri

Agrega üretiminde genel olarak her bir aşamanın toplam maliyete göre birim maliyetteki oranı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

**Çizelge 3.9.** Agregaların üretim aşaması ve birim maliyet oranı (Aksoy ve ark. 1999)

Üretim Aşaması	Maliyet Oranı(%)
Delme	10
Patlatma	10
Yükleme	20
Taşıma	20
Kırma	40

#### 3.7.1. Galeri Atımıyla Üretim

Arazi topografyasının delik delme işlemine uygun olmadığı veya delik delme makinesinin olmadığı durumlarda, kısa sürede yüksek miktarda malzeme gerekli olduğu durumlarda uygulanan yöntemdir. Bu yöntemde bir galeri ya da kuyu dibine bir oda oluşturulacak şekilde cep veya cepler açılır. Açılan galerinin şekli L veya T şeklindedir. En uzun basamak yüksekliği 30 m olup 70 m yüksekliğe kadar uygulama örneklerine rastlanmaktadır. İlk yatırım masraflarının düşük olması yöntemin avantajıdır. Yöntemin kırma taş kalitesine doğrudan olumsuz ve ekonomik etkisi yoktur. Ancak ocak ekonomisine ve ülke ekonomisine etkisi olumsuz etkileri vardır. Kırmataşın kalitesine sadece yüksek aynaları göçertirken istenmeyen malzemelerin karışmasıdır. Bunun yanı sıra diğer olumsuzlukları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Büyük blokların çok çıkması, ikinci bir kırma gerektirir ki buda maliyeti artırır.
- Büyük blokların yükleme öncesi patlaması için delik delmek ve fitili yakmak işçiler için tehlike yaratmaktadır.
- Çok yüksek ve dengesiz malzeme önünde yükleme yapan yükleyiciler ve panoya yaklaşan kamyonlar için büyük tehlikeler vardır. Buda saatlik üretimi düşürmektedir.
- Yüksek, iyi parçalanmış bir pasada yükleme yapan yükleyici makinelerin kova kollari, hidrolik silindirleri, ve kovaları çabuk yıpranmaktadır. Bu da maliyeti artırır.
- İyi parçalanmamış malzemenin kırıcıya beslenmesi kırıcı verimini düşürmektedir. İri parça nedeni ile kırıcıda tıkanma olabilmektedir.

- Çevreye yüksek genlikte ve kontrol edilemeyen yer sarsıntıları ve hava şokları verilmektedir.
- Üretim faaliyetleri sona erdiğinde işletme sahasının yeniden düzenlenmesi (Rekültivasyon) zordur (Aksoy ve ark 1999).

### **3.7.2. Basamak yöntemiyle üretim**

Bu yöntem delme-patlatma yolu ile yerinden gevşetilen malzemenin, kamyonlara yüklenerek kırma-eleme tesislerine nakledilmesi işlemlerinden oluşur. Teknik olarak düzenli basamaklar oluşturularak yapılan açık ocak işletmeciliği çalışmalarında hem üretim kontrolü rahat bir şekilde sağlanabilmekte hem de üretim çalışmaları sırasında çevreye verilen rahatsızlıklar en aza indirilmektedir. Ayrıca üretim faaliyetleri sona erdiğinde işletme sahasının yeniden düzenlenmesi (Rekültivasyon) kolayca yapılabilir.

### **3.8. Agregaların Taşınması ve Depolanması**

Agregalar bir depo veya açıkta, toplu olarak bir arada tutulmak istendiğinde veya bir yerden bir yere belirli miktarda agreganın taşınması gerektiğinde, dikkat edilmesi gerekli üç önemli husus vardır.

- Agregaların Kirlenmesi: Agregaların kirlenmemesi için önem alınmalıdır. Agregaların yığınlarını oluştururken mümkünse sert ve temiz bir zemin seçilmeli veya beton bir döşeme hazırlanarak agregalar bu döşeme üzerine serilmelidir. Taban önceden kum, çakıl veya kaya parçaları da serilerek agregaların yığını böyle bir zemin üzerine oturtulabilir. Agregadaki suyun yığından dışarıya kolayca drenajını sağlayabilecek önlemler alınmalıdır. Çevredeki gevşek toprak tanelerinin rüzgar etkisiyle agregaların taneleri arasında karışmamasına dikkat edilmelidir.
- Agregaların Ayrışması: Ayrışmaya neden olunmamalı, agreganın bir yere yerleştirilmesi, depolanması veya taşınması esnasında iri agregaların ve ince agregaların bir yığın içerisinde ayrı ayrı kümeler oluşturularak ayrışım yapması önlenmelidir.
- Agregaların Depolanması: Agregaların yığınlarının oluşturulmasında veya agreganın depolanmasında dikkat edilmesi gereken doğru ve yanlış uygulamalar şunlardır;

Agregaların Depolanmasında Doğru Olan Uygulamalar;

a ) Vinç kepçesi veya başka bir yöntemle agregaların yığını oluştururken kenarında dik eğimler bulunan büyük bir yığın oluşturmaktan kaçınılmalıdır. Agregaların küçük yığınlar halinde ve yan yana ve üst üste kümelenebilir.

- b ) Dairesel tabanlı ve kesik koni şeklinde büyük bir yığın oluştururken; kenar eğimlerin çok dik olmamasına dikkat edilir. Konveyör ile taşınıp yığın üzerinde bırakılan agregalar dozer veya benzeri bir araçla üniform olarak yayılmalıdır.
- c ) Konveyör bandı ile taşınan agrega yığınının üzerine boşaltırken rüzgar etkisiyle olabilecek ayrışımı önleyici önlemler alınmalı ve gerekirse baca ve huni gibi tesisat yapılmalıdır.
- d ) Agrega silosuna yerleşecek taneler ayrışma neden olmayacak tarzda merkezden yerleştirilmelidir.

#### Agrega Depolanmasında Yanlış Olan Uygulamalar;

- 1 ) Dik eğimden aşağıya agrega tanelerinin yuvarlanarak ayrışmasına neden olabileceği yerleştirme tarzı kullanılmamalıdır.
- 2 ) Kamyonlarla taşınan malzemenin %30'dan daha dik bir eğimden yukarıya sürüklenerek taşınması tanelerde kırılmaya ve gradasyon bozukluğuna yol açabilir.
- 3 ) Agreganın yüksek bir mesafeden bırakılması rüzgarın da etkisiyle ince ve iri tanelerin ayrışmasına neden olabilir.
- 4 ) Agrega silosuna yerleştirilecek agregalar eğimli bir şekilde bırakıldıklarında iri ve ince malzemelerin ayrışmasına sebep olabilir (Aksoy ve ark. 1999).

### **3.9. Beton**

Çimento, su, agrega ve/veya bazı katkıların karışımıyla oluşan yapıya beton adı verilir. Betonlar kullanılacağı yerin özelliklerine göre belirli standartlarda yapılırlar. Agregalar betonun %70-75'ini oluşturmakla beraber bir bağlayıcılık özellikleri yoktur. Sadece doldurma malzemesidir. Agregayı bir arada tutabilmek için karışıma çimento, çimentonun da hidrasyonu sağlayabilmesi için ve agreganın ıslatılması için de karışıma su katılır ( Akman 1987).

Betonun ilk bulunuşu 18. yüzyılın sonlarına kadar uzanmaktadır. İlk betonarme bina 1852 yılında yapılmıştır. Betonla ilgili ilk şartnameler ise, 1905 ve 1906 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'da çıkartılmıştır. Halen günümüzde de hızla devam eden betonun gelişmesiyle ilgili çalışmalarda betonun; dayanımı, kalitesi, uzun süredeki davranışı, döküm tekniği, ekonomi, estetik, olumsuz şartlarda beton dökümü, katkılarla özelliklerini geliştirme konularında çalışmalar yapılmaktadır. Aşağıda betonun özellikleri maddeler halinde verilmektedir.

### **3.9.1. İşlenebilirlik**

Taze betonun kolayca ve homojenliğini yitirmeden karıştırılabilme, taşınabilme, kalıplardaki yerine yerleştirilebilme ve sıkıştırılabilme özelliğidir. Taze betonun işlenebilirliğini agreganın granülometrisi, tane şekli, en büyük tane boyutu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, karışımdaki su miktarı, hava miktarı, çimento özellikleri, zaman ve sıcaklık gibi faktörleri etkiler.

### **3.9.2. Kıvam**

Kıvam betonun akışkanlığını gösteren bir ölçüdür. Betonda artan su miktarı kıvamı, yani betonun akışkanlığını artırır. Çünkü artan su miktarı betonun akmaya, yerleşmeye ve sıkışmaya karşı direncinin temel sebebi olan katı taneler arasındaki sürtünme katsayısını düşürür.

### **3.9.3. Çimento hamuru-agrega oranı**

Sabit bir su/çimento oranındaki betonda çimento hamuru-agrega oranının artmasıyla beton daha kolay işlenebilir. Betondaki katı maddelerin birim yüzeyine düşen kayganlaştırıcı çimento hamuru miktarı artar ve böylece betonun yerleştirilmesi sırasında katı maddeler birbirleri üzerinde daha kolay kayarlar.

### **3.9.4. Agregatane dağılımı**

Sabit su/çimento oranında ve sabit çimento dozajında betonun ayrışmadan en kolay şekilde işlenebilmesi için en uygun tane dağılımı (granülometri) eğrisi, en büyük tane boyutu 31,5 mm olan agregatane karışımı için uygulanabilir.

### **3.9.5. Agregatane şekli ve yüzey durumu**

Sabit su/çimento oranında, betonda kullanılan agreganın daha köşeli ya da daha pürüzlü bir yüzeye sahip olması taze betonda agreganın tuttuğu su miktarını artırmaktır. Çünkü köşeli ve pürüzlü bir agreganın yüzey alanı aynı hacimli agreganın yüzey alanına göre daha fazladır. Bu yüzden beton karışımlarına aynı miktarda su bulunduğu köşeli agregatane kullanılan beton daha zor işlenir.

### **3.9.6. Pompalanabilme**

Çimento, su ve agreganın konulmasıyla elde edilen taze beton karışımının pompalanarak kalıplardaki yerine yerleştirilmesine denir. Agreganın ne kadarının kum ne kadarının ince malzemedan oluştuğu, tane şekli, yüzey pürüzlülüğü sürtünmeyi dolayısıyla pompalanabilirliği etkiler.

### **3.9.7. Betonun içindeki hava miktarı**

Beton üretimi için çimento, su ve agreganın karılması sırasında betonun içerisinde bir miktar hava oluşmakta veya karışımın içerisinde bir miktar su sıkışık durumda kalarak, zamanla bu suyun buharlaşmasıyla hava boşluğu oluşmaktadır. Beton içerisindeki miktarı genellikle %0 ile %2 oranında değişen ve gelişi güzel dağılım gösteren bu tür hava boşluklarının çokluğu, betonun dayanımını, dayanıklılığını ve su geçirmezliğini önemli ölçüde azaltır. Kullanılan agreganın en büyük tane boyutu ve granülometrisi hava miktarını etkiler. Ancak betonun içinde olması istenen hava boşlukları vardır. Bunlar düzenli dağılım gösteren ve küçük boyutlarda (0,05-1,2 mm çapında) olan hava boşluklarıdır. Bu tür boşlukların oluşabilmesi beton yapımında bazı hava sürükleyici katkı maddelerinin yardımıyla sağlanır. İçerisinde bu tür hava boşlukları bulunan betonlara''hava sürüklenmiş beton'' denir. Düzenli dağılım gösteren çok küçük boyutlardaki hava boşlukları sertleşmiş betonun donmaya karşı dayanıklılığını artırır. Bu hava miktarı % 4-8 kadardır. Bu hava kabarcıkları betondaki katı maddelerin birbirleri üzerinden kolayca kaymalarını sağlayan yastık görevi görür.

### **3.9.8. Ayırışma ve terleme (Segregasyon)**

Ayırışma taze betonda iri agregaların harçtan ayrılarak kalıpların alt kısmına çökmesidir. Bu nedenle beton homojenliğini kaybeder. Hemen hemen her zaman ayırışmayla birlikte gözlenen bir başka olay da terlemedir. Terleme taze betondaki suyun kılcal boşluklardan yukarı doğru yükselmesine denir. Ayırışmayla aşağıya çökelen iri agrega taneleri aralarında suyu tutamadıklarından bu suyun bir kısmı yukarı doğru yükselir ve yüzeye ulaştığında zayıf bir kaymak tabakası oluşturur.

Taze betondaki terleme olayının beton özellikleri üzerinde birçok olumsuz özellikleri vardır. Beton içerisindeki kimyasal reaksiyonlar için gerekli olan su miktarındaki azalma daha küçük dayanımlı bir beton elde edilmesine yol açar. Ayrıca beton yüzeyinde zayıflama olmaktadır. Yukarıya hareket eden suyun bir miktarının iri agrega tanelerinin veya donatılarının altında toplanması bu malzemelerle çimento arasındaki aderansı azaltmaktadır.

### **3.9.9. Zaman (Kür Süresi)**

Zaman içerisinde taze beton, çimentonun su ile reaksiyona girmesi (Hidratasyon) sonucunda akışkanlığını ve plastikliğini kaybeder. Zaman arttıkça karışım suyu buharlaşacağından işlenebilirlik yine azalır.

### **3.9.10. Sıcaklık**

Artan sıcaklık betondaki karışım suyunun daha kolay buharlaşmasına neden olur. Bu nedenle betondaki kıvam kaybı (çökme miktarında azalma) zamanla daha çok olacaktır. Kıvam kaybı ise işlenebilirliği doğrudan azaltır.

### **3.9.11. Taze Betonun yüzeyinin masterlanıp düzeltilmesi ( Perdahlanması)**

Taze betonun yerine yerleştirildikten sonra, betonun yüzeyinin düzgün olması amacıyla masterlanmasına, kadranla düzeltilip, mala ile pürüzlerin giderilmesi işlemine perdahlama denir. Betonun düzgün ve kolayca perdahlanması, beton yapımında kullanılan malzemelerin karışım oranları, agreganın yuvarlak veya köşeli olması agreganın granülometrisi, taze betondaki terleme gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Albayrak 1988).

### **3.9.12. Beton karışım hesabı**

Beton karışım oranlarının (reçetenin) bulunması için birçok yol vardır. Birincisi uygun bileşenlerin (çimento, agregası, su ve katkıları) seçilmesi, ikincisi uygun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılıkta mümkün olan en ekonomik betonun elde edilmesi için bu bileşenlerin relatif oranlarının hesaplanmasıdır. Fakat bunların hiçbiri istenilen özellikte betonu bir defada hesaplamaya yeterli olmaz. En iyi betonu elde etmek için bir seri denemeler yapmak gerekir. Beton karışım hesapları ile ilgili özellikler standartlarda belirlenmiştir. Türkiye’de TSE 802 (1985) standardında bu bilgiler mevcuttur. Beton karışımına girecek malzemelerin tayini için belirli bir sıra izlenmesi hesaplar için kolaylık sağlar. Beton karışım hesabı yapılırken bilinmesi gereken parametreler aşağıdaki gibidir (Yılmaz 1999).

- Maksimum su/çimento oranı
- Minimum çimento oranı
- Beton sınıfı
- Maksimum agregası boyutu
- İstenilen mukavemet
- Katkıları
- Agreganın granülometrisi
- Kaba agreganın kuru özgül ağırlığı ve su absorbe yüzdesi
- İnce agreganın kuru özgül ağırlığı ve su absorbe yüzdesi
- Kaba agreganın doğal sıkışık birim ağırlığı
- İnce agreganın doğal sıkışık birim ağırlığı
- İnce agreganın incelik modülü

- Çimentonun özgül ağırlığı
- İnce ve kaba agreganın rutubet yüzdeleri

### **3.10. Yol Üst Yapısı Olarak Beton-Asfalt Kompoziti**

Yol gövdesi ve altyapı ve üstyapı olarak üzere iki kısımdan oluşur. Altyapı, toprak işleri (yarma ve dolgu) sonunda projeye uygun olarak oluşturulan tesviye yüzeyinin altında kalan kısmı yani taban zeminidir. Üstyapının performansı taban zemininin fiziksel özellikleri ve durumu ile doğrudan ilişkilidir. Bu bakımdan her zaman istenilen şartları sağlaması gerekir. Üstyapı ise trafik yükleri trafik yüklerini taban zeminine dağıtan tabakalı bir yapı olup, yolun ekonomik ömrü boyunca üzerinden geçecek olan trafiği büyük deformasyonlara, çatlamalara maruz kalmadan, çevre ve iklim şartlarının etkisine dayanıklı olarak taşıyabilecek şekilde projelendirilmiş kısmıdır (Sütaş ve ark. 1986).

Yol üstyapısı, ‘‘Rijit Üstyapı’’ ve ‘‘ Esnek Üstyapı’’ olmak üzere iki farklı şekilde inşaa edilebilir. Rijit üstyapıda kaplama tabakası, agrega ve çimento karışımından meydana gelir. Esnek üstyapıda ise kaplama tabakası, genel olarak agrega ile değişik kökenli bitümlü(hidrokarbonlu) bağlayıcıların karışımından meydana gelir. Birçok üstünlükleri nedeniyle bitümlü kaplamalar tercih edilir.

Sürekli olarak trafik yüklerinin ve doğal şartların etkisi altında olan bitümlü kaplamaların projelendirilmesi, bitümlü kaplamaların çok büyük masraflar yapılarak elde edilmesinden dolayı projede öngörülen sürede bozulmadan hizmet verebilmesi bakımından oldukça önemlidir.

Karayolu yapımının en önemli kısmını teşkil eden bitümlü kaplama karışımlarının iki ana bileşeni agrega ve bitümdür. Kaplamanın niteliğini belirleyen en önemli unsur bu iki malzemenin özelliğine bağlı karışım dizaynidir. Bu bakımdan karışımda kullanılacak malzemeyi tanımak ve özelliklerini belirlemek, karışı oranlarını tespit etmek ve elde edilen karışımın performansını ölçmek gerekir.

#### **3.10.1.Yol üstyapısında kullanılan agregalar**

Bitümlü karışım kaplamanın iki esas malzemesinden birisi agregadır. En geniş tanımıyla agrega kum, çakıl, kırmataş, cüruf, ve diğer mineral bileşiklerden ibaret olup bağlayıcı bir ortamda, bitümlü bir karışım, portland çimentosu betonu, harç, makadam, mastik ve benzeri

uygulamalar için bir araya getirilmiş veya bağlayıcısız bir ortamda kullanılmak üzere bir araya getirilmiş malzeme olarak tanımlanır (Yağız ve ark 1967).

### **3.10.2. Bitümlü karışımlar**

Bitümlü karışımlar, agregata ile bitümlü bağlayıcı malzemenin belli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Bitümlü karışım kaplamasının maliyetinin çok yüksek olmasından dolayı yapımı tamamlandıktan sonra istenilen şartlarda ve öngörülen sürede bozulmadan hizmet verebilmesi için uygun malzeme seçiminin yanında bileşim oranlarının da çok iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Elde edilen karışımın kendisinden beklenen fiziki ve mekanik özellikleri sağlaması istenir.

Bitümlü karışım kaplamaları, alttemel ve temel tabakalarında kullanılan malzeme cinsine ve bu tabakaların kalınlıklarına göre 2-10 cm kalınlığında yapılabilir. Ancak 5-6 cm'den daha kalın kaplama yapılması söz konusu ise bu durumda iki tabaka halinde yapılması gerekir. Daha az sıkıştırılan ve daha az bitüm içeren alttaki tabakaya 'Binder Tabakası' denir. Binder tabakasına göre daha iyi sıkışmış ve daha fazla bağlayıcı bitüm içeren üstteki tabakaya 'Aşınma Tabakası' adı verilir (Ağar ve ark. 1991, Önal ve ark. 1993).

Bitümlü karışımların maliyeti yüksek olmasına rağmen aşağıdaki faydalarından dolayı tercih edilirler.

- Yol düzgün yüzeyli olur, konfor artar, tekerler daha az aşınır.
- Taş fırlatma tehlikesi yoktur.
- Oldukça geçirimsiz bir yol yüzeyi elde edilir.
- Üstyapıyı bozulmalardan korur.

#### **3.10.2.1. Bitümlü karışımların sınıflandırılması**

Bitümlü karışımlar, kullanılan bağlayıcının tipine ve agreganın ısıtılıp ısıtılmamasına göre 'Sıcak Karışımlar' ve 'Soğuk Karışımlar' olmak üzere ikiye ayrılır. Soğuk karışımlarda bağlayıcı olarak, emülsiyon asfaltı veya katbek asfaltı kullanılır. Sıcak karışımlarda ise 140-160 °C'ye kadar ısıtılmış asfalt çimentosu kullanılır

Bitümlü karışımlar, karıştırma yerlerine göre, yolda veya plentte karışım olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Soğuk karışımları plentte de üretmek mümkündür. Ancak, soğuk karışımlar genellikle trafik yükü az olan ikinci sınıf yollarda ve bakım amacıyla birinci sınıf yollarda kullanılır. Sıcak ve soğuk karışımlar, karışımdaki agregata granülometrisine, kullanım amacına ve boşluk yüzdelere bağlı olarak sınıflandırılabilir (Ağar ve ark. 1991, Önal ve ark. 1993).



### **3.10.2.1.1. Sıcak karışımlar**

Agreganın kurutulması, asfalt ile iyi bir şekilde karıştırılabilmesi, işlenebilmesi ve asfalt çimentosunun uygun akıcılığa getirilmesi maksadıyla karıştırılmadan önce her iki malzemenin de ısıtılması gerektiğinden, bu tür karışımlara sıcak karışım denilmektedir.

Yoğun granülometrilik sıcak karışımlar; Agreganın granülometrisi düşük boşluk verecek şekilde süreklilik gösterir. Bunlar boşluk oranı %8'den az olan bitümlü karışımlardır. Bitümlü temel ve asfalt betonu bu sınıfa girer.

Yarı yoğun (kesikli) granülometrilik sıcak karışımlar; Ara boyutlu malzeme çok azdır veya hiç yoktur. Boşluk oranı %8 ile %12 arasında olan bu tür karışımlar, pürüzlü bir yüzey içerir ve tekerlek izine karşı dirençleri yüksektir.

Açık granülometrilik sıcak karışımlar; Bu tür karışımlarda ince agreganın oranı çok az olup karışımın boşluk oranı %12'den fazladır. Makadam tipi kaplamalar bu sınıfa girer.

Harç tipi karışımlar; ince malzeme oranı fazladır ve kaba agreganın, ince malzeme-bitüm karışımı içinde dağılmış haldedir. Bu tür karışımlarda boşluk oranı çok düşüktür, bitüm yüzdesi çok yüksek olduğundan penetrasyonu düşük (vizkozitesi yüksek) asfalt kullanılır. Beton ve çelik köprüler üzerinde de kullanılan mastik asfalt ve gussasfalt bu tür kaplamalara örnektir.

### **3.10.2.1.2. Soğuk karışımlar**

Katbek asfaltın veya asfalt emülsiyonlarının, agreganın ile soğuk halde veya agreganın yüzeyindeki nemin kurumasına yetecek kadar sıcaklıkta karıştırılmasıyla elde edilen karışımlara soğuk asfalt denir.

Yarı yoğun (kesikli) granülometrilik soğuk karışımlar; Boşluk oranı %12'den az olan bitümlü karışımlardır.

Açık granülometrilik soğuk karışımlar; Boşluk oranı %12'den fazla olan bitümlü karışımlardır.

### **3.10.2.2. Bitümlü karışımların dizaynı**

Bitümlü karışımlar, agreganın ve bitümlü bağlayıcı olmak üzere iki bileşenden oluşur.

Bu bileşenlerin, harmanlanıp karıştırılarak serilip sıkıştırılmasıyla elde edilen kaplamadan istenen özellikte sağlanması gerekir. O nedenle bitümlü kaplama karışımlarının dizaynında deney yöntemlerinin detaylarına çok dikkat etmek ve kuralları aynen yerine getirmek gerekir. Ayrıca iyi bir laboratuvar tekniğine sahip olmak ve karışım dizayn deneyleri ile şartname talepleri arasında ilişkiyi kurmak gerekir.

### **3.10.2.2.1. Bitümlü Karışımların Dizayn Amaçları**

Bitümlü kaplama karışımlarının dizaynında amaç, inşaat bitiminden sonra istenilen özellikleri sağlayacak malzemelerin seçilmesi ve karışım oranlarının belirlenmesidir. Sebep ve etkileri itibariyle bitümlü kaplama karışımının dizayn amaçları aşağıdaki gibi maddeler halinde özetlenebilir (Önal ve ark. 1993, Önal ve ark. 1990).

- Sağlam (durabil) bir üstyapı elde etmek için gerekli bitüm miktarının bulunması
- Trafik yükleri altında deformasyon göstermeyecek yeterlikte karışım stabilitesini oluşturmak,
- Sıkıştırılmış nihai karışımda, trafik yüklerinin oluşturacağı çok az miktardaki sıkışmaya, kasma, akma ve stabilize düşüklüğü olmaksızın imkan verecek, ancak karışım içinde rutubet ve fazla hava barınmayacak ölçüdeki boşluğu sağlamak,
- Segregasyona (karışımın ayrışması) uğramaksızın uygun serimi sağlayacak bir işlenebilirliği verecek ekonomik bir karışım ve agrega granülometrisini belirlemek.

### **3.10.2.2.2. Bitümlü karışımların dizaynında temel ilkeler**

Bitümlü karışımların dizaynında; agregalar ile bitümlü malzemenin uygun biçim ve oranlarının tespit edilmesinde göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler belirlenmelidir. Bu temel ilkeler aşağıdaki üç ana grupta ele alınabilir.

- a-) Kullanılacak agrega kalitesi ve granülometrisi
- b-) Uygun bağlayıcı seçimi
- c-) Kullanılacak bağlayıcı miktarının belirlenmesi

#### **1 ) Kullanılacak Agreganın Kalitesi ve Granülometrisi:**

Bitümlü karışımların dizaynında kullanılacak agreganın tipi oldukça önemlidir. Granülometri bakımından agregalar boşluklu ve boşluksuz tip olmak üzere ikiye ayrılırlar. Boşluklu tip agregalar dar dane boyutları sınırları arasında malzeme olup daneler tek bir boyuta oldukça yakın olduklarından daneler arasında yüksek boşluk oranı bulunmaktadır. Boşluksuz tip agregalar ise, en iri daneden en ince daneye kadar üniform biçimde dağılmış granülometriye sahiptirler. Bu tip karışımlarda boşluk oranı daha düşüktür.

Agreganın granülometrisinin yanında, bitüme olan ilgisi, dane formu ve gözenekliliği de karışımın dizaynının da etkili olan özelliktir. Pürüzsüz ve küresel danelerden oluşan agrega, daha fazla pürüzlü danelerden oluşan agregaya göre daha fazla optimum bitüm miktarını gerektirir. Gözenekli agregalar, gözeneksiz agregadan daha yüksek bitüm yüzdesi

istemektedir. Fakat, yüksek derecede gözenekli agrega kullanılmasının karışımdaki ek bitüm ihtiyacını arttıracak dolayısıyla karışım maliyetini arttıracak çok açıktır. Genel olarak bir agreganın etüvde kurutulmuş ağırlığının %0,75-1.0'i su emecek kadar gözenekli olması yeterlidir (Ağar ve ark.1991).

Bazı agregalarda nemin etkisi, bitümlü bağlayıcının agrega ile arasındaki bağlantının diğer agrega çeşitlerinden daha çok zayıflamasına sebep olabilir. Bu olaya "soyulma" denir. Nem karşısında, çevresindeki bağlayıcı özelliği kaybolan agregaya "hidrofil agreg" adı verilir. Bu tip agregaların kaplama yapımında kullanılması sakıncalı olup karışıma bir miktar başka tip agrega eklenerek durum düzeltilebilir. Soyulma özelliği minimum olan bu agregaya "hidrofob agreg" adı verilir.

## 2 ) Uygun Bağlayıcı Seçimi:

Bitümlü bağlayıcı kaplamaların en önemli özelliği kıvamıdır. Sıcaklık etkenlerine bağlı olarak asfalt; gevrek, elastik, elasto-plastik, viskoelastik ve viskoz olmak üzere değişik durumlarda bulunabilir. Bu durum dikkate alınarak iklim koşulları ne olursa olsun yapım ve trafik şartlarına en uygun olacak şekilde bağlayıcının seçilmesi gerekmektedir.

## 3 ) Kullanılacak Bağlayıcı Miktarının Belirlenmesi:

Bitümlü karışımlarda en önemli değişken karışımdaki bağlayıcının miktarıdır. Karışımda bağlayıcı miktarı fazla ise, karışım stabilite özelliğini kaybeder ve trafik yükleri altında deformasyona uğrar. Bağlayıcı gerekenden fazla ise, özellikle yağışlı havalarda yağlı ve kaygan bir yüzey oluşur. Bağlayıcı fazlalığı lokal olarak var ise yüzeyde yağlı bölgeler oluşur ve buna kaplamanın terlemesi denir. Karışımda yeterli miktarda bağlayıcı yoksa kaplama içindeki agrega daneleri kaplamadan koparak ayrılır ve sonuç olarak yüzeyde bir takım delikler oluşur. Bu duruma kaplamanın sökülmesi adı verilir. Kısaca yüksek asfalt içerikli karışımlar soyulmaya, agrega sökülmesine(ravelling-arrachement), çatlama ve yorulmaya karşı dayanıklı, düşük asfalt içerikli karışımlar ise oluklanma ve kumaya karşı dayanıklıdır. Bitümlü karışımların bileşenlerinin hesaplanmasında birçok metod ve formül kullanılır. Bugün Amerika'da ve Ülkemizde kullanılan Marshall metodu değişik bitüm oranlarında hazırlanan deney briketlerinin yoğunluk, boşluk ve stabilite analizleri yapılarak elde edilen dört ayrı grafiğin okunan optimum bitüm değerlerinin ortalaması alınarak optimum bağlayıcı miktarının belirlenmesi prensibine dayanmaktadır (Ağar ve ark. 1991-Önal ve ark. 1993, Uluçaylı 1997).

### 3.10.2.3. Bitümlü karışımlardan beklenen fiziksel ve mekanik özellikler

Bitümlü bağlayıcı ile agrega karışımının yola tatbik edildikten sonra istenilen verimin alınabilmesi ve hesaplanan hizmet süresini sağlayabilmesi için bazı standartları sağlaması gerekmektedir. Bu şartlar kaplama ile ilgili teknik şartnamelerde verilmiştir. Ayrıca bir karışımın yol kaplama malzemesi olarak kullanılabilmesi için karışımdan beklenen başlıca fiziksel ve mekanik özellikler şunlardır:

1. Stabilité,
2. Durabilite (Dayanıklılık)
3. Fleksibilite (Esneklik),
4. Yorulmaya karşı direnç,
5. Kaymaya karşı direnç,
6. Geçirimsizlik,
7. İşlenebilirlik

#### 1. Stabilité

Stabilité, taşıt trafiğinden gelen sürekli ağır yükler, uzun süreli statik yükler ve hızlanma veya yavaşlama esnasında tekerlek etkileri ile oluşan basınç, çekme ve kesme kuvvetine karşı bitümlü kaplamanın gösterdiği dirençtir. Karışımdaki asfalt yüzdesinin veya kum yüzdesinin fazla olması ya da agrega yüzeyinin pürüzsüz olması stabilité yetersizliğine sebep olabilir. Bu durumda yolda çökme, tekerlek izinde oturma ve kusmaların oluşmasına yol açar. Stabilitenin trafik yüklerini karşılayacak kadar yüksek olması gerekmektedir. Ancak, çok yüksek stabilité çok sert karışım anlamına gelir ki bu tür kaplamalar trafik yükleri altında oluşan defleksiyonlara uymayıp çatırlar. Bu nedenle düşük stabilité gibi çok yüksek stabilitenin de zararlı olduğu çok açıktır.

Bitümlü karışım kaplamasının en önemli özelliği olan stabilité, agrega granülometrisine, karışımın yoğunluğu ve karışımdaki asfalt miktarının yanında agregalar arası içsel sürtünme ve bitüm-agrega arasındaki aderansa bağlıdır ( Yode ve ark.1975, Önal ve ark.1993).

#### 2. Durabilite (Dayanıklılık)

Bir bitümlü kaplamanın durabilitesi, trafik, su, hava ve sıcaklık değişikliklerinin etkilerine karşı göstermiş olduğu dirençtir. Diğer bir ifadeyle, karışımdaki asfalt özelliklerinin değişmesine(oksidasyon vs.), agreganın kırılmasına ve asfaltın agrega yüzeyinden soyulmasına karşı göstermiş olduğu dirençtir. Yüksek durabilitenin elde edilmesi, yoğun

granülometrilik ve soyulma direnci yüksek agrega ile yüksek bitüm yüzdesi kullanılarak karışımın yüksek geçirimsizlik verecek şekilde dizayn edilip sıkıştırılması ile yapılabilir. Aşınma tabakasında daha sert bir agrega kullanılarak daha yüksek bir dayanıklılık elde edilebilir. Düşük durabilite sebep ve etkileri aşağıda sıralanmıştır.

- Asfalt yüzdesinin düşük olması, kuru bir görünüş ve agreganın sökülmesine,
- Soyulmaya karşı hassas agrega kullanılması, asfaltın agregadan soyulmasına ve sökülmesine,
- Yetersiz sıkışma ve boşluk yüzdesinin yüksek olması asfaltın erken kırılması ve ayrışmasına neden olmaktadır ( Açar ve ark. 1991, Önal ve ark. 1993, Cox 1993).

### 3. Fleksibilite (Esneklik)

Üstyapının taban zemininde meydana gelen oturma ve hareketlere, çatlama karşı koyabilme yeteneğidir. Fleksibilite yetersizliği, yol yüzeyinde çatlamalara sebep olmaktadır. Mineral filler ve asfalt çimentosunun kıvamı, duktilitesi ve sıcaklığa karşı duyarlılığı fleksibiliteye etki eden faktörler arasındadır. Asfalt yüzdesi yüksek, açık granülometrilik karışımlar, bitüm yüzdesi düşük yoğun granülometrilik karışımlara göre daha esnektir. Fakat bazen esnekliği yüksek karışımların stabilitesi düşük çıkabilir (Önal ve ark. 1993, Guirguis ve ark.1990).

### 4. Yorulmaya Karşı Direnç

Üstyapının yorulmaya karşı direnci, tekrarlanan trafik yükleri altında oluşan eğilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Karışımındaki boşluk yüzdesi ve asfaltın kıvamı yorulmaya karşı direnç üzerinde çok etkilidir. Yüksek boşluk yüzdesi ve yetersiz sıkışma, asfaltın çabuk yıpranmasına ve bunu takiben yorulma çatlağı oluşmasına sebep olur. Üstyapının kalınlığı ve mukavemeti, taban zemininin taşıma gücü üstyapının ömrünü etkileyen diğer önemli faktörlerdir ( Önal ve ark. 1993, Guirguis ve ark. 1990, Tayebali ve ark. 1992).

### 5. Kaymaya Karşı Direnç

Asfalt kaplama yüzeyinin, özellikle yağışlı havalarda araç tekerleğinin kaymasına karşı gösterdiği dirençtir. Araçların güvenli bir şekilde durmaları ve hareket etmeleri kaplamanın kaymaya karşı olan direncine bağlıdır. Kayma direnci, agreganın yüzey dokusu ve sertliği ile asfalt betonunun yüzey dokusu karışımındaki asfalt çimentosu oranı ile doğrudan ilişkilidir. Yumuşak agregalar fazla aşındıkları için pürüzsüz bir yüzey oluştururlar. Daha sert agregalar kullanılarak kaplamanın kaymaya karşı direnci artırılabilir.

Diğer taraftan, karışımın asfalt miktarı fazla ise veya yeterli boşluk yoksa, trafik yüklerinin oluşturduğu sıkıştırma tesiri ile ve özellikle sıcak havalarda agreganın genleşmesi sonucu asfalt dışarı çıkar ve kaygan bir yüzey oluşturur. Bu olaya ‘‘Kaplamanın Terlemesi’’ denir. Ayrıca malzemenin cilalanma özelliği de kayma direnci bakımından oldukça önemlidir. Bundan dolayı tekerlek etkisiyle cilalı hale gelen gevrek agrega karışımda kullanılmamalıdır.

#### 6. Geçirimsizlik

Asfalt kaplama tabakasının alt tabakalara su geçişine müsaade etmeyecek derecede geçirimsiz olması gerekmektedir. Geçirimsizlik, karışımdaki hava boşluğu yüzdesi ile belirlenir. Karışımdaki boşlukların birbiri ile bağlantılı olması ve boşlukların yüzeyle irtibatlı olması geçirimsizliği etkileyen başlıca faktörlerdir. Karışım dizaynında boşluk yüzdesinin yüksek olması, su ve havanın kolaylıkla karışım içerisine girmesine ve dolayısıyla oksidasyon ve agreganın ayrışmasına neden olmaktadır.

#### 7. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, malzemenin istenilen kıvamda, kolayca karıştırılabilmesi ve sıkıştırılabilmesi olarak tanımlanır. Bu özellik agrega granülometrisi, asfalt çimentosu oranı, en büyük dane boyutu, danelerin şekli ve yüzey dokusu ile çok yakından ilgilidir. Çok fazla kaba agrega içeren karışımlar kolay işlenebilirlik özelliğine sahip değildir. Yine çok fazla fillerde işlenebilirliği düşürür. Bazı durumlarda iyi derecelenmiş karışım yeterli silindirme olduğu halde bağlayıcı azlığı sebebi ile istenilen yoğunlukta elde edilememektedir. Bu durumda asfalt çimentosu oranının karışımın işlenebilirliğindeki rolünü açıkça ortaya koymaktır. Fakat işlenebilirliği çok iyi olan karışımlar yumuşak karışımlardır ve bunların trafik yükleri altında deforme olmaları kolaydır. Çok büyük dane boyutu yada çok fazla kaba agregaya sahip karışımlarda sıkıştırma ve serim zorunluluğu oluşmaktadır. Karışımda filler yüzdesinin düşük olması geçirgenliği arttırmaktadır. Filler yüzdesinin yüksek olması ise, karışımın durabilitesinin düşük olmasına ve işlenmesinin çok zor olmasına sebep olur ( Ağar ve ark. 1991, Önal ve ark. 1993, Guirguis ve ark. 1990, Mattheews ve ark. 1992).

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Edirne İli Mühendislik Jeolojisi

Yörenin jeolojik yapısını tersiyer kuvarterner yaşlı birimler oluşturmaktadır. Yaşlıdan gence doğru şöyle sıralanırlar; Tersiyere ait Oligosen devrini Yenimuhacir Formasyonu, Üst Oligosen devrine ait Danişment Formasyonu, Pliyosene ait Ergene Formasyonu ve Kuvarternere ait Genç Çökeller yani alüvyonlar oluşturmaktadır.

a) Yenimuhacir Formasyonu: Keşan İlçesi'nin Kuzey kesiminde Yenimuhacir Köyü yakınlarında yüzlek verirler. Genellikle ince taneli elemanlardan (kil, silt, az kum taşı) oluşmuş sarı-kızıl kahve renktedir. Yer yer karbonatlı seviyelere rastlanır. Kil ağırlıklı olduğundan yörede yapılan su yapılarında (baraj, gölet vs.) geçirimsiz doğal yapı gereci olarak kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat sanayisinde tuğla-kiremit ham maddesi olarak kullanılmakta olup, formasyonun kalınlığı tahminen 600 m'dir.

b) Danişment Formasyonu: Yenimuhacir Formasyonu üzerinde geçişli olarak yer almaktadır. Kil- silt- kum ve çakıllı olan birim içerisinde, yer yer linyit oluşumlarına rastlanılmaktadır. Yeraltı suyu bakımından zayıf akifer olarak bilinen bu formasyonun kalınlığı 300-600 m arasında değişmektedir.

c) Süloğlu Üyesi: Sarı, kahve renkli kum taşı, kil taşı, silt taşı ile yer yer kömür bantlarından oluşan birim Danişment Formasyonunun üyesi olarak kabul edilmiştir.

d) Ergene Formasyonu: Bu formasyon siltli, kumlu, çakıllı yer yer killi birimlerden oluşmaktadır. Formasyonun kalınlığı 100-500 m arasında değişken olup, yapısı itibariyle Trakya'nın akifer özelliğindeki en önemli yer altı suyu bulunduran birimdir.

e) Alüvyon: Trakya yöresinde akarsu vadilerinde oluşmuş genç çökeller olup, kalınlıkları akarsu yatağının konumuna bağlı olarak değişir. 2-20 m arasında kalınlık arz eden alüvyonlarda killi, siltli kum ve çakıl birimleri gözlenir.

Edirne İlinin Kuzeyinde bulunan Lalapaşa İlçesi civarı ve Kuzey kesiminde bulunan kayaçlar metamorfizma sonucu oluşmuşlardır. Hamzabeyli Köyü ve civarında şerit halinde uzayan re kristalize kireç taşları bej-gri renklerde, taze yüzeyleri şeker dokulu ve beyazdır. Birim tümü

ile kontakta metamorfizmanın etkisinde kalmıştır. Lalapaşa civarında büyük bir alanda yüzlek veren kayalar genelde gnays, anfibolit, şist türünde metamorfik kayalardır. Bunlar genelde iribiyolitli benekli, açık renkli feldispatlıdır. Bu kayaların ayırt edilmesi oldukça zordur. Bu kayalar yer yer kataklasik dokulu olup, bazı yeşil şist fasiyesinde, çoğu zamanda yeşil şist fasiyesiyle anfibolit fasiyesi arasında yer almaktadır.

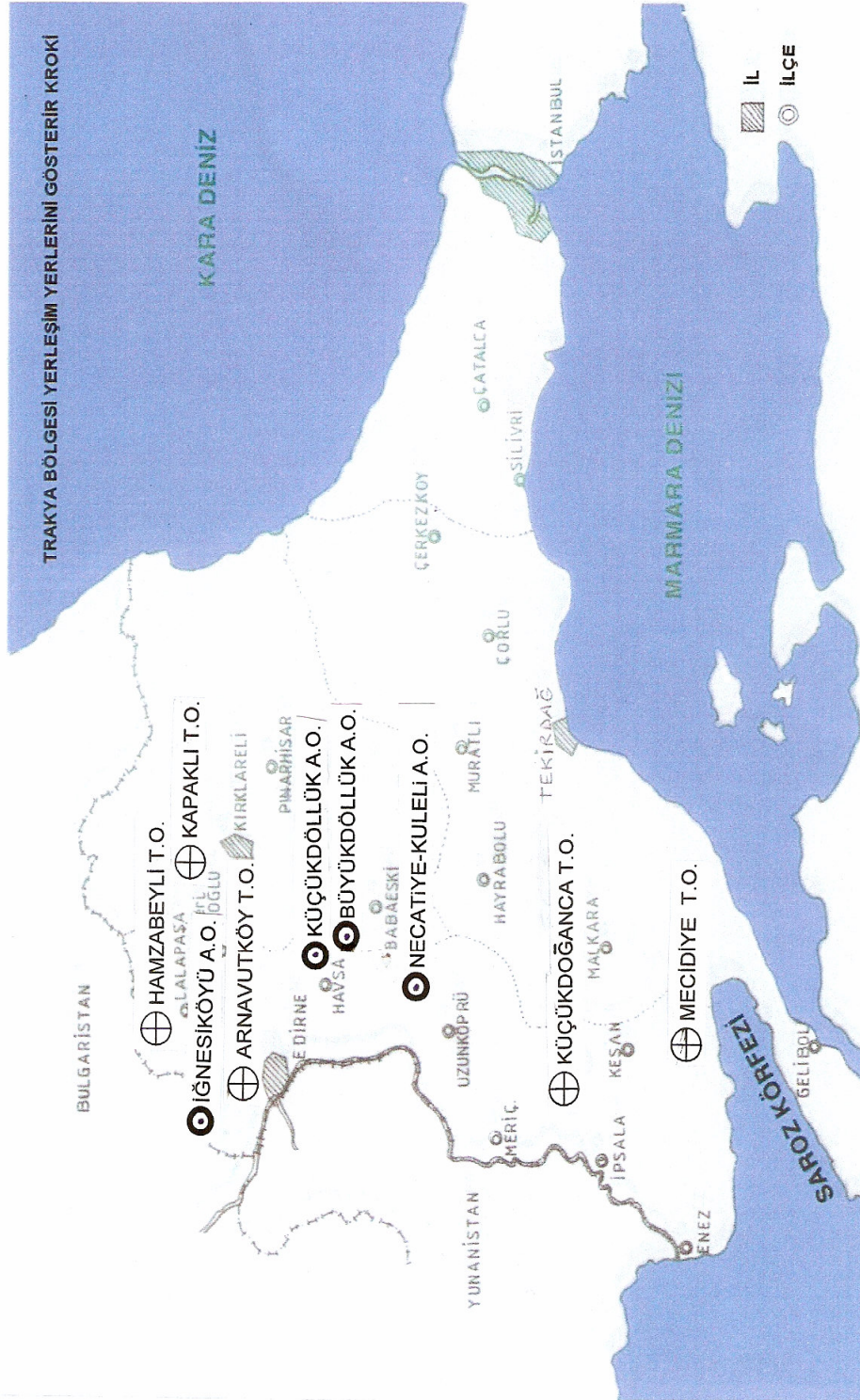
Edirne İlinde tersiyer yaşlı mağmatik ve volkanik olaylar ile çeşitli bazalt oluşumları ile Andieritik Tüf oluşumları meydana gelmiştir. Bazaltlar volkan bacaları şeklinde muhtemelen eski kırık hatlardan çıkmıştır. Bu bacalar İpsala civarında Asartepe'de, oligosen formasyonlarının içinde yükselmiştir. Bazalt olivin, ojit ve fenokristallerden meydana gelmiştir. Keşan Küçükdoğanca Köyü ve Uzunköprü Harala Köy Kaletpe'de bazalt volkanları meydana gelmiştir. Keşan'ın Kuzeydoğusunda Karakaya Tepesi de Bazalt oluşumdur. Meriç İlçesi Doğusunda mavimtırak gri renkli, andezitik tüfler oldukça geniş bir yayılım gösterir. Enez İlçesi Doğusunda Hisarlı Dağlarını oluşturan kalın andezit tüfleri uzanmaktadır. Bu oluşumlar genelde zayıf zonlardan yeryüzüne çıkmış olan magmatik kökenlidir. Trakya Havzası stratigrafik kesiti Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada materyal olarak kullanılan agrega malzemeleri Edirne yöresinde bulunan ocaklardan sağlanmıştır. Şekil 4.2'de numunelerin bulunduğu yeri gösteren haritada bölgeler görülmektedir.



YAŞ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
PLIOSEN	ERGENE	100-500	Çakıltası, Kumtaşı, Kıltaşı (Yörede su bulunduran birimdir. Bu birimde en derin kuyu 300 m.dir)
ÜST ALİGOSEN	DANIŞMENT	300 - 600	Şeyl, Miltaşı, Kumtaşı, Kömür (Bu birimdeki kömür damarlarından kırık ve çatlaklardan üst katlara metan taşınması olabilir.)
ORTA ALİGOSEN	YENİ MUIHACIR	300-500	Kumtaşı, Miltaşı, Şeyl
ALT ALİGOSEN	MEZADERE TESLİM KÖY ÜYESİ	500 - 1200 700-300	Şeyl, Miltaşı, Tüf Kumtaşı
ÜST EOSEN	CEYLAN	400 - 1000	Şeyl, Kumtaşı, Marn Tüf
ORTA-ÜST EOSEN	HAMİTABAT KÖYÜN BAĞI	500 - 1000 50-150	Kireçtaşı, Killi Kireçtaşı Kumtaşı, Şeyl Çakıltası Kumtaşı
NEOZOİK	TEMEL		Metamorfik Kayaç

Şekil 4.1. Trakya Havzası (Orta ve Kuzey) Stratigrafisi (DSİ XI. Bölge Müdürlüğü, 1996)



⊕ TAŞOCAĞI ● DOĞAL AGREGA OCAĞI

Şekil 4.2. Taşocağı ve doğal agrega ocakları yerlerini gösterir harita  
(Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü, 1996)

#### 4.2. Taşocakları

- Arnavutköy taşocağı: Edirne'ye 5 km uzaklıkta yer almaktadır. Ocağa yaz kış ulaşmak mümkündür. Ocak malzemesi kireçtaşı olup beyaz yer yer gri renkli, çatlak ve boşluklu orta ve yüksek dayanımlı, sert, çok sert, ayrışmış veya az ayrışmıştır. Çatlaklar gelişmiş, ocakta yüzeye yakın 20-50cm'e kadar varmaktadır. Çatlaklar kil ile doludur. İşletme sırasında çatlaklardaki kil dolgular ayıklanmalıdır. Ocak alanı çok geniştir. İşletmeye uygun olan kesimlerde görünür rezerv; 500.000 m<sup>3</sup>tür. Olası ek rezerv 50.000 m<sup>3</sup>tür. Ocağın güney ve güney doğusunda kil miktarlarının artmış olması ve tebeşirlenme nedeniyle, bu kısımda üretime uygunluk bulunmamaktadır.

- Hamzabeyli taşocağı: Edirne'ye 44 km uzaklıkta bulunmaktadır. Km 16+400'den ocağa kadar yol stabilize olup, yaz kış ulaşım mümkündür. Ocak malzemesi beyaz, kirli beyaz, pembe renkli, ayrışmamış, yüksek dayanımlı çok sert, çok çatlaklı kayadır. Çatlaklar yüzeye yakın açık derine doğru daralmaktadır. Bu nedenle yüzeyde çatlaklara kil dolgu girmiştir. Ocak görünür rezervi 400.000 m<sup>3</sup>tür. Olası ek rezerv 50.000 m<sup>3</sup>tür.

- Kapaklı taşocağı: Edirne'ye 120 km uzaklıkta yer almaktadır. Ocak malzemesi dolomittir. İşletmeye uygun olan kesimlerde görünür rezerv 400.000 m<sup>3</sup>tür.

- Mecidiye taşocağı: Keşan'a 25 km mesafede bulunmaktadır. Ocak malzemesi kireçtaşıdır. Ocakta görünür rezerv 500.000 m<sup>3</sup>tür.

- Küçükdoğanca taşocağı: Keşana 20 km mesafede bulunmaktadır. Ocak malzemesi bazalttır. Ocakta görünür rezerv 400.000 m<sup>3</sup>tür.

#### 4.3. Doğal agrega ocakları

- İğnesiköyü agrega ocağı: Edirne'ye 33 km mesafededir. Ocak, Tunca Nehrinin teraslarının oluşturduğu kum-çakıllardan oluşmaktadır. Ocağın yaklaşık rezervi 100.000 m<sup>3</sup>tür.

- Küçükdöllük agrega ocağı: Lalapaşa'ya 9+600 km mesafededir. Ocak malzemesi moloz ve bloklu killi kum-çakıldan oluşmuştur. Ocak sahasına üstte 40 cm kalınlıkta bitkisel toprak örtüsü altında açık kahve renkli, gevşek çimentolu küskü, killi kum- çakıldan oluşmaktadır. Ocağın yaklaşık rezervi 100.000 m<sup>3</sup>tür.

- Büyükdöllük agrega ocağı: Edirne'ye 25 km uzaklıktadır. Malzeme yol temel malzemesi olarak kullanılabilir özelliktedir. Ocağın yaklaşık rezervi 150.000 m<sup>3</sup>'tür.

- Necatiye-Kuleli agrega ocağı: Edirne'ye 35 km uzaklıktadır. Malzeme yol temel malzemesi olarak kullanılabilir. Ocağın yaklaşık rezervi 150.000 m<sup>3</sup>'tür.

#### **4.4. Deneylerde Kullanılan Malzeme Özellikleri**

Bu çalışmada, materyal olarak Edirne yöresinde çıkarılan beş çeşit kırmataş agregası ve dört çeşit doğal agrega malzemesi kullanılmıştır. Bunlar Arnavutköy taşocağı agregası, Hamzabeyli taşocağı agregası ve Kapaklı taşocağı agregası, Küçükdoğanca taşocağı agregası ve Mecidiye taşocağı agregalarıdır. Doğal agregalar İğnesi agregası, Küçükdöllük agregası, Büyükdöllük agregası ve Necatiye-Kuleli agrega malzemeleridir. Beton yapımında bağlayıcı olarak Lalapaşa Çimento fabrikasından alınan portland çimentosu (RN 197-1 CEM I PÇ 42,5), karışım suyu olarak ise Edirne şebeke suyu kullanılmıştır. Şebeke suyunun beton üretiminde standartlarca öngörülen kriterleri sağladığı belirlenmiştir. Üretilen beton ve beton-asfalt kompozitlerine standart ve şartnamelerin öngördüğü deneyler yapılmıştır.

##### **4.4.1. Agrega**

Bu çalışmaya konu olan malzemelere ait numunelerin standartların ön gördüğü granülometrik bileşime getirilerek deney numuneleri üretilirken dokuz değişik çeşit agrega kullanılmıştır. Edirne'nin kuzeydoğusunda bulunan Arnavutköy taşocağından alınan agrega (A1) simgesi ile, Edirne Lalapaşa ilçesinde bulunan Hamzabeyli taşocağından alınan agrega (H1) simgesi ile, Kırklareli Kapaklı taşocağından alınan agrega (K1) simgesi ile Keşan Mecidiye taşocağından alınan agrega (M1) simgesi ve Keşan Küçükdoğanca taşocağından alınan agrega (B1) simgesi kullanılmıştır. İğnesiköyü agrega ocağı (İK1), Küçükdöllük agrega ocağı (KD1), Büyükdöllük agrega ocağı (BD1) ve Necatiye-Kuleli agrega ocağı (NK1) simgesi ile gösterilmiştir.

##### **4.4.2. Çimento**

Bu çalışmada, Lalapaşa Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu portland çimentosu (EN 197-1 CEM I PÇ 42,5 R) kullanılmıştır. Bu çimento ile ilgili her türlü fiziksel-mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları, fabrika kalite kontrol laboratuvarında yapılmış olup Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** EN 197-1 CEM I 42,5 R Çimentosuna ait bazı fiziksel ve mekanik dayanım değerleri

İncelik	Blaine	Özgül ağırlık	Eğilme Dayanımı	Basınç Dayanımı
90 µ	cm <sup>2</sup> /g	g/cm <sup>3</sup>	E28 (Mpa)	E28 (Mpa)
0,11	2979	3,05	8,02	52,90

#### 4.4.3 Bitüm (AC)

Çalışmada kullanılan bağlayıcı malzeme Aliğa rafinerisinde üretilmiş penetrasyon bitümlü cins bağlayıcıdır. Söz konusu bitüm bağlayıcı 50-70 penetrasyonludur. Bitümlü bağlayıcıya ait özgül ağırlık ve penetrasyon özellikleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Bitüm'e (AC) ait özellikler

Özellikler	Değerler	Kullanılan Standart
	Aliğa Rafinerisi Bitümü	
Penetrasyon Derecesi	50/70	ASTM D 30
Özgül ağırlık	63	ASTM D 70
Yumuşama Noktası (°C)	50	ASTM D 36
Parlama Noktası (°C)	295	ASTM D 92
Düktilite (5 cm/dk)	>105 cm	ASTM D 113
Viskozite (135 °C'de)	0,415 Pa s	ASTM D 4402

#### 4.5. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

Agregaların fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde elek analizi, sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme, parçalanma direnci, sodyum sülfat ile dayanıklılık tayini, yassılık indeksi, çamurlu madde miktarı, agregada darbelene değeri, agregada soyulma deneyi ve incelik modülü açıklanmıştır.

#### 4.5.1. Elek analizi

Elek analizi deneyi, beton ve beton-asfalt yapımında kullanılacak doğal ve yapay agregaların tane büyüklüğü dağılımını (granülometrik birleşimini), tane sınıflarını ve incelik modülünü belirlemek için yapılır. Şekil 4.3’de elek takımı ve elek sarsma makinesi verilmiştir.



Şekil 4.3. Elek analizinde kullanılan elek takımı ve elek sarsma makinesi

#### 4.5.2. Agregada gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık

Agregada gevşek ve sıkışık birim ağırlık deneyi, doğal ve yapay agregaların gevşek ve sıkışık birim ağırlıklarını belirlemeyebilmek için TS 3529’a (1980) göre yapılmaktadır. Gevşek birim hacim ağırlık ve maksimum sıkışık birim hacim ağırlık limit değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. TS 3529’ a göre hafif agregaların gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerleri (Anonim 1980)

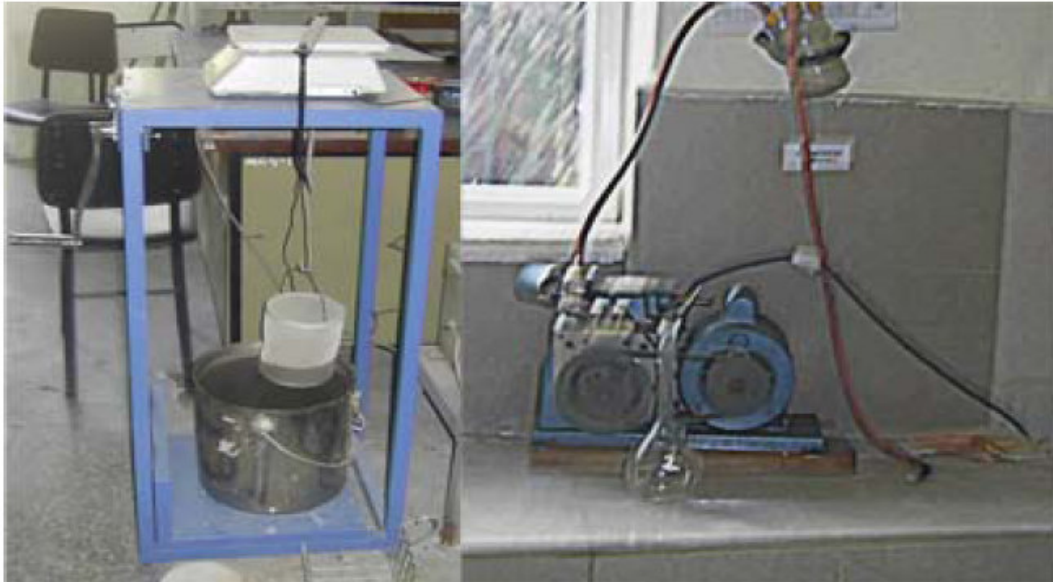
Agrega Türü	Maksimum Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Maksimum Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
İnce agregası	700	900
İri agregası	500	700
Karışık agregası	600	800



**Şekil 4.4.** Agregada gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık aleti

#### 4.5.3. Özgül ağırlık ve su emme

Agreganın kökeni hakkında fikir veren bu özellik genel olarak 2,40 - 2,80 gr/cm<sup>3</sup> arasında değer almaktadır. Özgül ağırlığı 2,40 gr/cm<sup>3</sup>'den düşük agregalar hafif agregalar olarak adlandırılır. Doğal ve yapay agregaların kuru veya doymuş kuru yüzey özgül ağırlıklarını ve görünen özgül ağırlığı ile su emme oranını belirlemek üzere uygulanan yöntemdir. Özgül ağırlık ve su emme deneyleri TS 1097'ye (2002) göre yapılmaktadır ( TS EN 1097 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Baradan, 1996).



**Şekil 4.5.** Özgül ağırlık deneyinde kullanılan aletler

#### 4.5.4. Agrega parçalanma direncinin tayini için Los Angeles deneyi

Bu deney iri agregaların parçalanmaya karşı direncinin tayini işlemlerini kapsamaktadır. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi TS EN 1097-2'ye (2000) göre yapılmaktadır. Şekil 4.6 'da Los Angeles aleti görülmektedir.



Şekil 4.6. Los Angeles aleti

#### 4.5.5. Dona dayanıklılık tayini

Agregaların sodyum-sülfata veya magnezyum-sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yoluyla periyodik işleme maruz bırakılan agregaların davranışlarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Agregaların sodyum-sülfata karşı dayanıklılık tayini ASTM C 88'e göre yapılmaktadır.

#### 4.5.6. Çamurlu madde miktarı tayini

Özellikle üstyapı agregaları için çamurlu madde miktarı tayini önemli bir deneydir. Çamurlu madde miktarı karışım içerisindeki mineral filler değerinin artmasına neden olacağından karışımın stabilitesi azalabilmektedir. Çamurlu madde miktarı tayini deneyi TS 3527'ye göre yapılmaktadır.

#### 4.5.7. Agrega darbelenme değerinin tayini

Agreganın ani şok ve çarpma etkilerine karşı dayanımının belirlenmesini sağlayan diğer bir deney türü de agrega darbelenme deneyidir. Ani ve sok gelişmeler altında agrega dayanımına



göre göreceli değerler verir ve bazı agregalarda dayanım, yavaş uygulanan basınç yüklerindeki dayanımdan farklı değerler alabilir. Bu deney 10-14 mm boyut aralığındaki tanelere uygulanır. Bu deney yöntemi genellikle yol ve hava meydanlarında kullanılan betonun çarpmaya karşı dayanımının belirlenmesi amacıyla uygulanır ve temelde basınç deneyleriyle aynıdır. Yüksek kaliteli agregaların darbelenme değeri %18'den az olmalıdır.

#### **4.5.8. Agregalar için yassılık indeksi tayini**

Bu deney metodu, kalınlığı nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olan agrega danelerinin yassı olarak sınıflandırılmasını esas alan bir methodur. Bu deney 6,3 mm'den büyük ve 63 mm'den küçük agregalara uygulanır ( Anonim 1997).

#### **4.5.9. Su tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi (Soyulma deneyi)**

Soyulma, trafiğin ve suyun birlikte etkimleri sonucu kaplamada kullanılan bağlayıcının agregadan ayrılmasıdır. Özellikle su sever agregalarla ve sıvı asfaltlarla yapılan kaplamalarda, su ve trafik şartları altında agrega ile asfalt arasındaki bağlantı kesilir, dolayısıyla kaplama kısa sürede bozularak elden çıkar. Bundan dolayı, penetrasyonu düşük yani bağlayıcılık özelliği yüksek bağlayıcılarla ve soyulmaya karşı direnci yüksek agregalarla yapılan kaplamalar soyulmaya karşı daha dayanıklı olurlar. Asfalt betonunda kullanılan agrega için minimum soyulma direnci % 50 olmalıdır ( Y.F.Ş. 2004).

#### **4.5.10. İncelik modülü tayini**

İncelik modülü, agerganın incelik veya kalınlığını ifade eden bir terim olup delik açıklığı birbirinin iki misli artan elekler üzerinde kalan malzemenin kümülatif yüzdelere toplamının yüze bölünmesiyle elde edilmektedir. İncelik modülü hiç bir zaman gradasyonu ifade etmez, çeşitli agregaların gradasyonlarından elde edilecek incelik modülleri aynı değerleri alabilir. Agreganın incelik modülü aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$I_m k = \sum EK / 100$$

Burada :

$$\sum EK = \text{Toplam elekte kalan yüzde (\%)}$$

$I_m k$  = İncelik modülü'dür.

#### **4.6. Taze Beton Deneyleri**

Bu kısımda taze beton üzerinde yapılan deneyler hakkında bilgi verilmiştir.

#### 4.6.1. Taze beton birim hacim ağırlık deneyi

Belirli bir hacim içerisinde sıkıştırılarak yerleştirilmiş taze betonun birim hacmine tekabül eden ağırlığın  $\text{kg/m}^3$  olarak ifade edilmesi ve beton içerisindeki hapsolmuş hava miktarının belirlenmesi amacıyla kullanılır. Taze beton birim hacim ağırlığı TS 2941'a (1978) göre yapılmaktadır (Anonim 1978).

**Çizelge 4.4.** Beton birim hacim sınıfları (Anonim 2002)

Beton Sınıfı	Sınır Değerler - Birim Hacim Kütlesi ( $\text{kg/m}^3$ )
Ağır	>2600
Normal	> 2000 < 2600
Hafif	<2000

#### 4.6.2. Taze beton kıvam sınıfları

Beton kıvamı TS EN 206-1'de aşağıda verilen çizelgelerdeki kıvam sınıflarına göre sınıflandırılır. Bu kıvam sınıfları arasında doğrudan ilişki kurulamaz.

**Çizelge 4.5.** Çökme sınıfları

Sınıf	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5
Çökme, (mm)	10-40	50-90	100-150	160-210	$\geq 220$

**Çizelge 4.6.** Vebe sınıfları

Sınıf	V 0	V 1	V 2	V 3	V 4
Vebe süresi (saniye)	$\geq 31$	30-21	21-11	10-6	5-3

**Çizelge 4.7.** Sıkıştırılabilme sınıfları

Sınıf	C 0	C 1	C 2	C 3
Sıkıştırılabilme derecesi	$\geq 1,46$	1,45-1,26	1,25-1,11	1,10-1,04

**Çizelge 4.8.** Yayılma sınıfları

Sınıf	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
Yayılma çapı (mm)	$\leq 340$	350-410	420-480	490-550	560-620	$\geq 630$

#### 4.6.3. Betonda klorür içeriği

Betonun klorür içeriği sınıfı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Betonun maksimum klorür içeriği (Anonim 2002)

Kullanılan beton	Klorür içeriği sınıfı(a)	Çimento(b) kütleğine göre en fazla Cl <sup>-</sup>
Korozyona dayanıklı kaldırma parçaları hariç, çelik donatı ve diğer gömülü metal ihtiva etmeyen	Cl 1,00	%1,00
Çelik donatı ve diğer gömülü metal ihtiva eden	Cl 0,20	% 0,20
	Cl 0,40	% 0,40
Çelik öngerilme donatısı ihtiva eden	Cl 0,10	% 0,10
	Cl 0,20	% 0,20
(a) Belirli kullanım amaçlı betonlarda uygulanacak sınıf, betonun kullanılacağı yerde geçerli kurallara bağlıdır.		
(b) Tip II mineral katkıların kullanıldığı ve mineral katkının çimento miktarına dahil olarak kabul edildiği yerlerde klorür muhtevası, klorür iyonlarının, çimento+ hesaba katılan katkı miktarlarına oranlanmasıyla bulunur.		

#### 4.7. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneylerinden beton dayanımı, beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık basınç dayanımı, birim ağırlık, betonda ultrases hızı ile ölçüm, özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılabilmektedir.

##### 4.7.1. Basınç dayanımı

Belirli yaştaki beton numuneleri birim alanının taşıyabileceği yük miktarının belirlenmesi ve aynı karışımla üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanının taşıyabileceği yük hakkında bilgi vermek amacıyla kullanılır. Basınç Dayanımı TS EN 12390-3 standardına göre yapılmaktadır (Anonim 2003 ).



Şekil 4.7. Tek eksenli basınç aleti

**Çizelge 4.10.** TS 500'e göre beton sınıfları ve dayanımları

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı, $f_{ck}$ MPa	Eşdeğer Küp (150mm) Basınç Dayanımı MPa	Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı, $f_{ctk}$ MPa	28 Günlük Elastisite Çekme Dayanımı, $E_c$ MPa
C16	16	20	1,4	27.000
C18	18	22	1,5	27.500
C20	20	25	1,6	28.000
C25	25	30	1,8	30.000
C30	30	37	1,9	32.000
C35	35	45	2,1	33.000
C40	40	50	2,2	34.000
C45	45	55	2,3	36.000
C50	50	60	2,5	37.000

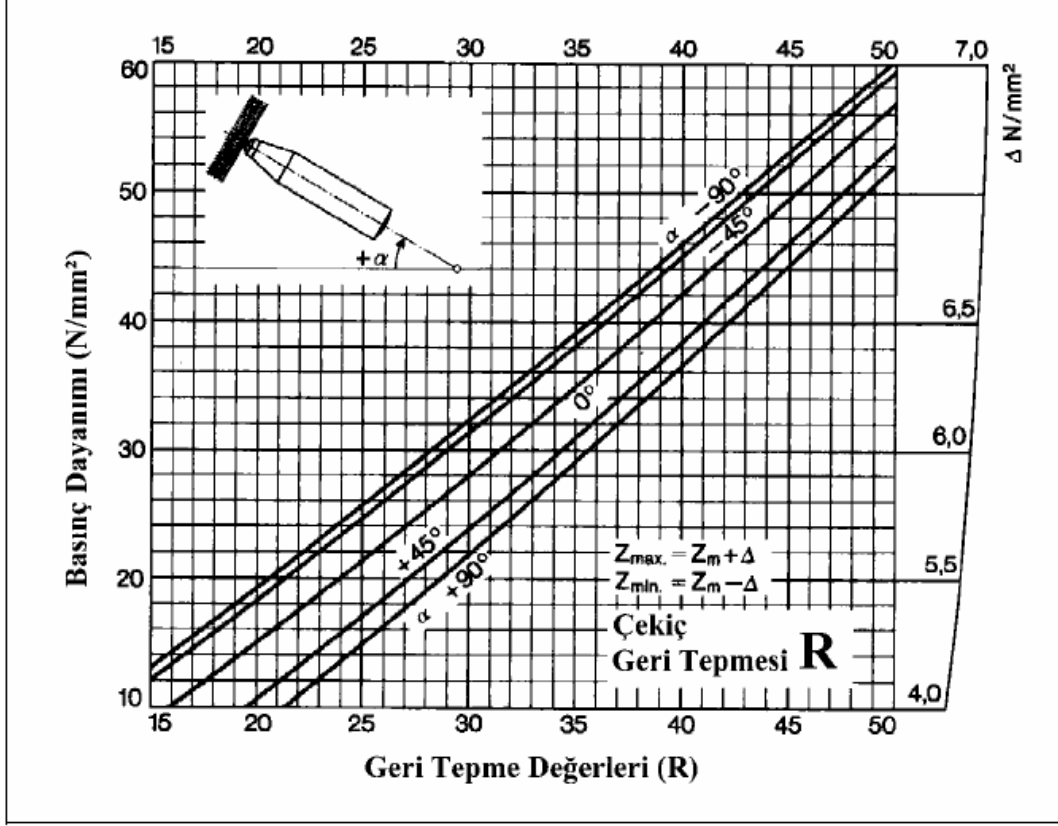
TS 500'e göre betonun tanınlanması ve sınıflandırılması basınç dayanımına göre yapılır. Basınç dayanımı, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan standart deney silindirlerinin 28 gün sonunda, TS 3068'e uygun biçimde denenmesiyle elde edilir. Betonun karakteristik basınç dayanımı  $f_{ck}$ , denenecek silindirlere elde edilecek basınç dayanımlarının bu değerden düşük olma olasılığı belirli bir oran (genellikle %10) olan değerdir. Gerekğinde basınç dayanımı, küp deneylerinden de elde edilebilir. Bu durumlarda, karakteristik basınç dayanımı  $f_{ck}$ , geçerliliği deneylerle kanıtlanmış katsayılarla dönüştürülür. Bu amaçla boyutları 150 mm olan küp için  $f_{ck}$  değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Boyutları 150 mm'den değişik küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımları gereken düzeltme işlemi dikkate alınarak yapılmalıdır.

**Çizelge 4.11.** TS EN 206-1 Standardına göre beton sınıfları ve basınç dayanımları

Beton Sınıfı	En düşük karakteristik silindir dayanımı $f_{ck,sil}$ N/mm <sup>2</sup>	En düşük karakteristik küp dayanımı $f_{ck,küp}$ N/ mm <sup>2</sup>
	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85

#### **4.7.2. Beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık basınç dayanımı**

Yüzey sertliği yolu ile yaklaşık beton dayanımının tayini ve bu metodun uygulanabileceği alanların belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Yüzey sertlik dayanımı TSE 3260'a (1978) göre yapılmaktadır. Beton numunelerinin yaklaşık dayanımları Şekil 4.8.'deki grafikten yararlanılarak bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Schmidt çekicinde vuruş açısı ile maksimum ve minimum mukavemetler bağıntısı (Bayazıt, 1988)

#### 4.7.3. Betonda ultrases hızı ile ölçüm

Betonda, Ultrases hızı ile ölçüm ASTM C 597'ye göre yapılmaktadır.

#### 4.7.4. Özgül ağırlık ve su emme

Sertleşmiş betonda özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı betonun etüv kurusu ağırlığı ile suya doygun ağırlığı arasındaki farkın havada ve suyun içinde yapılan ölçümlerinden bulunur. Sertleşmiş betonda, özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı tayini TS 3624'e (1981) göre yapılmaktadır (Anonim 1981).

#### 4.7.5. Karışım oranları

Söz konusu materyaller ile aşağıdaki beton örnekleri hazırlanmıştır ve aşağıda belirtilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Üretilcek betonların kodu

Kodu	A1	H1	K1	M1	B1	İK1	KD1	BD1	NK1
Beton Dozajı	350	350	350	350	350	350	350	350	350

Beton karışım hesaplarında su/çimento oranı 0,53 olarak sabit alınmıştır. Çalışmada dokuz değişik agerğa ile 4 adet beton numunesi örneği üretilmiştir. Ayrıca 1 m<sup>3</sup> beton içerisindeki çimento miktarı 350 kg olarak alınmış ve hesaplamalar bu kritere göre yapılmıştır. Beton karışım hesapları TS 802’de belirtilen karışım suyu ve hava miktarları alınarak 1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak beton bileşenleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.13.** Kullanılacak beton örneklerine ait karışım miktarları (m<sup>3</sup>)

Beton Türü	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Su (kg/m <sup>3</sup> )	Kum (kg/m <sup>3</sup> )	Agrega (kg/m <sup>3</sup> )	Toplam (kg/m <sup>3</sup> )
A1	350	186	940	955	2431
H1	350	186	895	940	2371
K1	350	186	888	962	2386
M1	350	186	921	916	2373
B1	350	186	905	948	2389
İK1	350	186	930	986	2452
KD1	350	186	910	956	2402
BD1	350	186	858	970	2364
NK1	350	186	960	898	2394

#### **4.8. Beton – Asfalt Deneyleri**

Bu bölümde beton-asfalt üzerine yapılan deneyler hakkında genel bilgiler verilmiştir.



#### **4.8.1. Penetrasyon deneyi**

Yarı katı ve akıcı olmayan bağlayıcıların kıvamlarının ölçülmesi mümkün değildir. Bu durumda penetrasyon deneyi uygulanır. Penetrasyon ölçmek için kullanılan alete penetrometer denir ( ASTM D5-97, 2003).

#### **4.8.2. Marshall metodu ile karışım dizaynı**

Bu yöntem penetrasyon veya viskozite derecesi belli olan asfalt çimentolarına ve maksimum boyutu 25 mm (1 inç) veya daha az olan agregalar kullanarak yalnızca sıcak karışım asfalt kaplamalara uygulanır. Ülkemizde karayolları dizayn karışımında da bu yöntem kullanılmaktadır. Marshall metodu ile hazırlanan sıcak karışım dizaynı agrega granülometrisinin belirlenmesi, agrega ve bitüm özgül ağırlığının belirlenmesi, agrega ve bitüm miktarlarının hesabı, briketlerin hazırlanması ve ilgili hesaplamalar ve boşluk analizleri, stabilite ve akma değerlerinin bulunması ve optimum bitüm miktarının belirlenmesinden oluşmaktadır. Marshall metodu ile karışım dizaynının en önemli özelliği, sıkıştırılmış deney numunelerinde, yoğunluk-boşluk analizi ve stabilite-akma deneyleridir (Uluçaylı 2002).

#### **4.8.3. Marshall stabilite ve akma deneyi**

Marshall Stabilitesi adı verilen bu deney numunenin kırılmasını sağlayan kg cinsinden toplam yük miktarıdır. Ayrıca numunenin çökme yada hareket miktarı olan akma değeri ölçülür ve karışımın birim ağırlığı, boşluk oranı ve bağlayıcı ile dolu bulunan agrega boşluğu yüzdesi saptanabilir (ASTM D 1559-89, 1992, Önal ve Karaca, 1984).

#### **4.8.4. Optimum bitüm yüzdesinin belirlenmesi**

Optimum bitüm yüzdesini hesaplamak için farklı bitüm yüzdelerinde hazırlanmış numunelere ait pratik özgül ağırlık, stabilite, akma, boşluk, bitüm ile dolu boşluk, mineral agregalar içindeki boşluk grafikleri çizilir. Daha sonra yoğunluk ve stabilite eğrilerinin en büyük değerlerine karşı gelen bitüm yüzdeleri, asfaltla dolu boşluğu % 65-78 arasına karşılık gelen, boşluk oranı %3-5 arasına karşılık gelen bitüm yüzdeleri grafiklerinden okunarak bulunan değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak optimum bitüm yüzdeleri tayin edilir. Daha sonra kontrol için optimum bitüm miktarlarının şartnamelerde belirtilen akma ve %VMA'ları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Marshall metodu ile aşınma tabakası dizayn kriterleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Marshall Metodu ile aşınma tabakası dizayn kriterleri (Yol. Fen. Şart. 2004)

Özellikler	Aşınma Tabakası	
	Minumum	Maksimum
Darbe Sayısı	75	-
Marshall Stabilité(kg)	900	-
Boşluk (%)	3	5
Asfaltla Dolu Boşluk (%)	65	75
Akma (mm)	2	4
Filler/Bitüm Oranı	-	1,5
Asfalt Çimentosu	4	7
Agregalar Arası Boşluk (VMA), (%)	14	-

Agregalar arası boşluk değerleri (VMA) çizelge 4.15.'de belirtilen değerlerden fazla olmamalıdır.

**Çizelge 4.15.** Minimum VMA değerleri (Tunç 2001)

Nominal D <sub>max</sub>	2"	1 ½ "	1 "	¾ "	½ "	3/8 "
Min VMA(%)	11,50	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00

#### 4.8.5. Tekerlek izinde deformasyon deneyi

Bu deney yöntemi İngiltere Yol Araştırma Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir. Bu deney yönteminde, deneye tabi tutulacak karışımlardan hazırlanan numuneler, karışımın kullanılacağı hava koşulları için kritik olabilecek yükseklikteki sıcaklık koşullarında deneysel olarak sağlanan trafik etkisine maruz bırakılmakta ve oluşan deformasyonlar belli süreler içinde izlenerek kaydedilmektedir. Oluşan deformasyonların, zamana karşı grafiğe geçirilmesi sonucunda elde edilen eğrinin eğimi o numunede kullanılan karışımın deformasyona olan yatkınlığı için bir ölçü olarak kullanılabilir.

#### **4.8.6. Mekanik batırma deneyi**

Mekanik batırma deneyi, çeşitli şekillerde sıkıştırılmış bitümlü karışımların suya batırılmasından sonra mekanik özelliklerindeki değişimin ölçülmesini kapsamaktadır. Batırma işleminden sonra belirlenen malzeme yapısındaki değişimin başlangıçtaki oranlanmasıyla bulunur. Batırma işlemi öncesi ve sonrası Marshall stabilitesi oranı, korunan Marshall stabilitesi olarak adlandırılır ve yüzde olarak belirtilir (AASHTO 165-2).

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve ELDE EDİLEN BULGULAR

### 5.1. Agreganın Fiziksel Özellikleri İlgili Deney Sonuçları

Ocaklardan alınan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.1.1. Elek analizine ilişkin sonuçlar

İncelemesi yapılan agrega ocaklarına ait numunelerin doğal haldeki elek analizi sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Taşocağı numunelerine ait elek analizine ilişkin sonuçlar

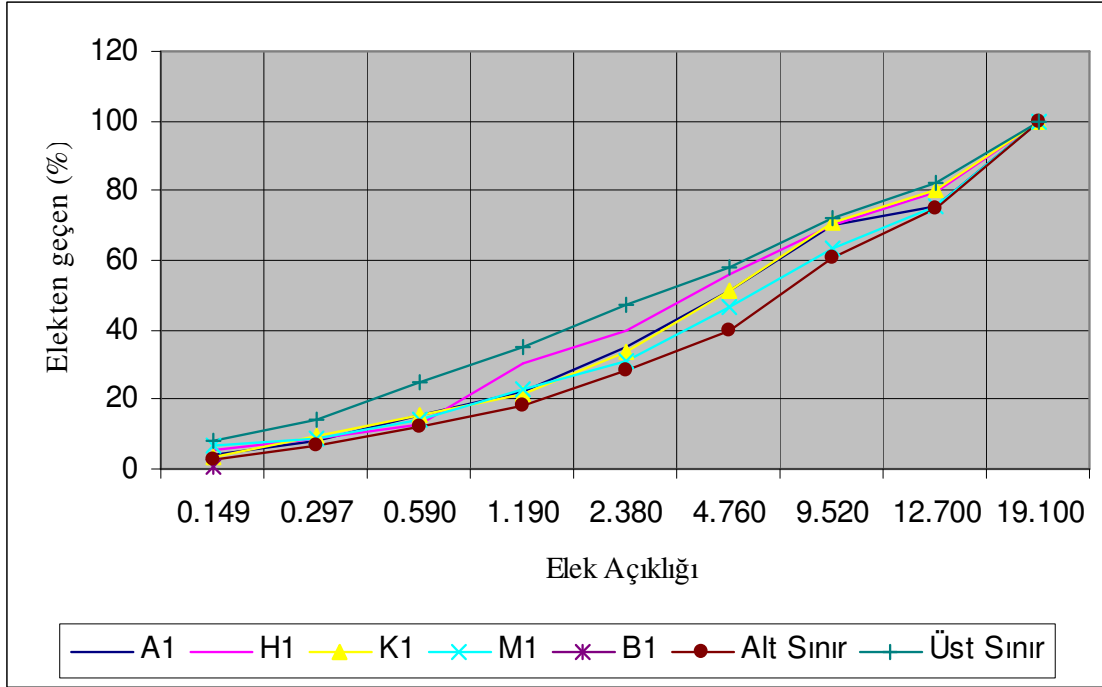
Elek No:	A1		H1		K1		M1		B1		Alt	Üst
	Elekten	Elekte	Elekten	Elekte	Elekten	Elekte	Elekten	Elekte	Elekten	Elekte	Sınır	Sınır
	Geçen (%)	Kalan (%)	Geçen (%)	Kalan (%)	Geçen (%)	Kalan (%)	Geçen (%)	Kalan (%)	Geçen (%)	Kalan (%)	Geçen (%)	Geçen (%)
19,1	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00
12,7	77,34	22,66	78,52	21,48	80,17	19,83	75,26	24,74	79,16	20,84	75,00	82,00
9,52	70,25	29,75	65,12	34,88	67,16	32,84	64,40	35,6	66,98	33,02	61,00	72,00
4,76	50,52	49,48	55,02	44,98	52,19	47,81	51,20	48,8	56,73	43,27	40,00	58,00
2,38	32,16	67,84	39,11	60,89	35,15	64,85	32,95	67,05	42,32	57,68	28,00	47,00
1,19	22,61	77,39	30,10	69,90	24,18	75,82	21,75	78,25	31,20	68,80	18,00	35,00
0,59	15,12	84,88	18,40	81,60	13,48	86,52	16,20	83,8	18,40	81,60	12,00	25,00
0,297	9,96	90,04	10,39	89,61	7,98	92,02	12,55	87,45	13,46	86,54	7,00	14,00
0,149	4,05	95,95	5,28	94,72	3,88	96,12	6,49	93,51	6,75	93,25	3,00	8,00
Toplam Kal (%)		517,99		498,06		515,81		519,2		485,00		

**Çizelge 5.2.** Taşocağı agrega numuneleri incelik modülü

Numune	A1	H1	K1	M1	B1
İncelik Modülü	5,18	4,98	5,16	5,19	4,85

Agregada incelik modülü ASTM C-33 standardına göre 2,30—5,30 arasında değer olmalıdır.

Taşocağı numunelerine ait bulunan sonuçlar sınır değerler arasında kalmaktadır.



Şekil 5.1. Taşocağı agrega örneklerine ait granulometri eğrileri

Çizelge 5.3. Doğal agrega ocaklarına ait numunelerin elek analizine ilişkin sonuçlar

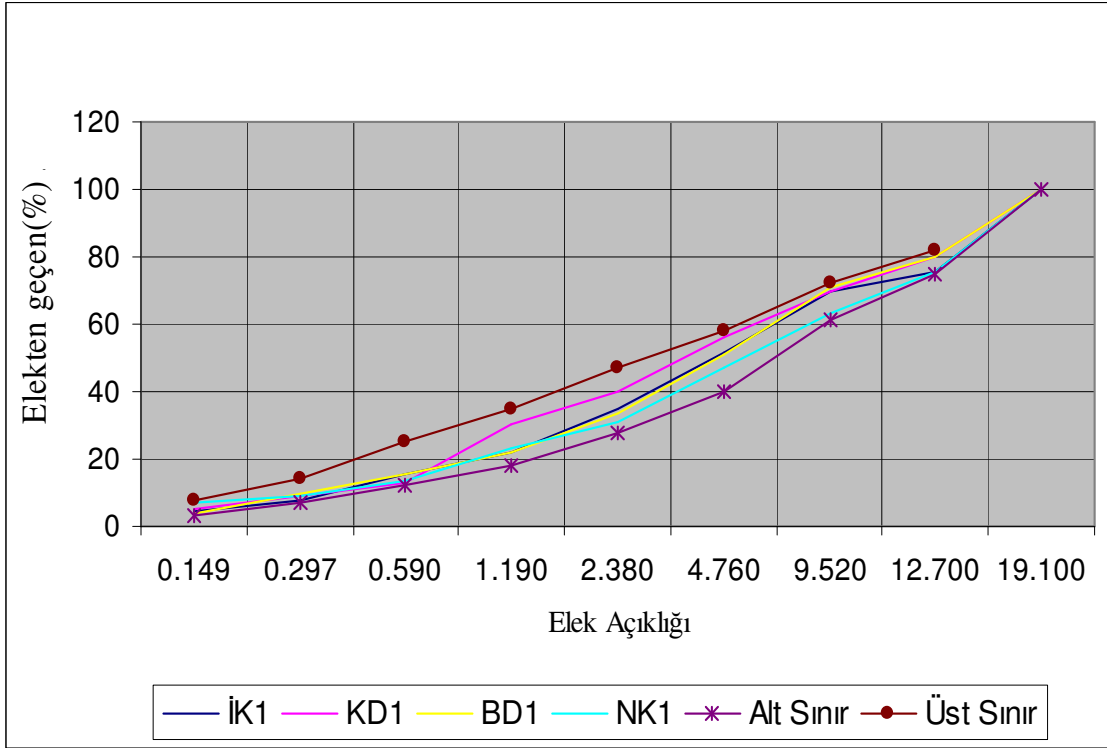
Elek No:	İK1		KD1		BD1		NK1		Alt	Üst
									Sınır	Sınır
	Elekten Geçen (%)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)	Elekten Geçen (%)
19,1	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	100,00
12,7	75,30	24,70	79,80	20,20	80,10	19,90	75,49	24,51	75,00	82,00
9,52	69,80	30,20	69,95	30,05	71,10	28,90	63,40	36,6	61,00	72,00
4,76	51,40	48,60	56,10	43,90	51,10	48,90	46,80	53,20	40,00	58,00
2,38	35,10	64,90	40,10	59,90	33,85	66,15	31,16	68,84	28,00	47,00
1,19	22,18	77,82	30,45	69,55	21,86	78,14	23,20	76,80	18,00	35,00
0,59	15,66	84,34	12,75	87,25	15,40	84,60	13,87	86,13	12,00	25,00
0,297	7,95	92,05	8,80	91,20	9,65	90,35	9,05	90,95	7,00	14,00
0,149	4,35	95,65	5,30	94,70	3,60	96,40	6,85	93,15	3,00	8,00
Toplam Kalan (%)		518,26		496,75		513,34		530,18		

**Çizelge 5.4.** Doğal agrega numuneleri incelik modülü

Numune	İK1	KD1	BD1	NK1
İncelik Modülü	5,18	4,97	5,13	5,30

Agregada incelik modülü ASTM C-33 standardına göre 2,30—5,30 arasında değer olmalıdır.

Doğal agrega numuneleri arasında bulunan sonuçlar sınır değerler arasında kalmaktadır.



**Şekil 5.2.** Doğal agrega örneklerine ait granulometri eğrileri

### 5.1.2. Agregaların gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlıkları

Birim ağırlık deneyinde her bir agrega örneğinin birim ağırlık deneyleri yapılan sonuçları Çizelge 5.5. ve Çizelge 5.6. 'da verilmiştir.

**Çizelge 5.5.** Taşocakları numuneleri birim ağırlık deneyi sonuç değerleri

Agrega Türü	Deney Yöntemi	Agrega Ağırlığı (gr)	Agrega Birim Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )	Ortalama Birim Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )
A1	Gevşek	14450	1,53	1,59
	Sıkışık	15610	1,65	
H1	Gevşek	16100	1,69	1,81
	Sıkışık	18110	1,93	
K1	Gevşek	13500	1,46	1,52
	Sıkışık	14900	1,58	
M1	Gevşek	15500	1,68	1,79
	Sıkışık	17950	1,89	
B1	Gevşek	14400	1,52	1,66
	Sıkışık	16750	1,79	

Gronülometrisi düzgün (en az boşluklu) kuru, sıkıştırılmış özgül ağırlığı fazla olan agregaların birim ağırlıkları da fazla olur. Çalışmada kullanılan A1, H1, K1, M1 VE B1 numunelerinin limit değerler içinde kaldığı gözlemlenmiştir.

**Çizelge 5.6.** Doğal agrega numuneleri birim ağırlık deneyi sonuç değerleri

Agrega Türü	Deney Yöntemi	Agrega Ağırlığı (gr)	Agrega Birim Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )	Ortalama Birim Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> )
İK1	Gevşek	14560	1,56	1,62
	Sıkışık	15610	1,67	
KD1	Gevşek	16500	1,68	1,77
	Sıkışık	17950	1,85	
BD1	Gevşek	15600	1,59	1,55
	Sıkışık	16580	1,51	
NK1	Gevşek	15580	1,61	1,70
	Sıkışık	17660	1,78	

Bu numuneler içinde KD1 numunesinin birim ağırlığının en fazla olduğu görülmüştür. İK1, KD1, BD1, NK1 numunelerinin limit standart değerler içinde olduğu görülmektedir.

### 5.1.3. Özgül ağırlık ve su emmeye ilişkin sonuçlar

Agregaların kökeni hakkında fikir veren bu özellik genel olarak 2,4-2,8 gr/cm<sup>3</sup> arasında değer almaktadır. Özgül ağırlığı 2.4 gr/cm<sup>3</sup>'den düşük agregalar hafif agrega olarak adlandırılır (Baradan, 1996). Aşağıdaki Çizelge 5.7. ve 5.8.'de numunelerin özgül ağırlık değerleri verilmiştir. Çizelge 5.9. ve 5.10.'da numunelerin su emme sonuçları görülmektedir.



**Çizelge 5.7.** Taşocağı agregaların özgül ağırlık deney sonuçları

Agrega Türü	Deney Numunesinin			Kuru birim ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )	Suya doymun birim ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )	Görünen birim ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )
	Doygun kuru yüzey ağırlığı(gr)	Su içindeki ağırlığı (gr)	Etüv Kurusu ağırlığı (gr)			
A1	1600,00	1141,00	1582,15	2,45	2,51	2,61
H1	1700,00	1195,00	1675,00	2,77	2,83	2,85
K1	1750,00	1208,00	1730,00	2,81	2,83	2,86
M1	1680,00	1245,00	1595,00	2,61	2,63	2,71
B1	1735,00	1255,00	1690,00	2,78	2,82	2,88

**Çizelge 5.8.** Doğal agregaların özgül ağırlık deney sonuçları

Agrega Türü	Deney Numunesinin			Kuru özgül ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )	Suya doymun özgül ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )	Görünen özgül ağırlığı (gr/ cm <sup>3</sup> )
	Doygun kuru yüzey ağırlığı(gr)	Su içindeki ağırlığı (gr)	Etüv Kurusu ağırlığı (gr)			
İK1	1650,00	1041,00	1518,50	2,42	2,61	2,65
KD1	16950,00	1095,00	1525,00	2,68	2,78	2,88
BD1	1725,00	1118,00	1630,00	2,76	2,86	2,89
NK1	1580,00	1045,00	1615,00	2,58	2,65	2,79

Özgül ağırlık deneyleri esas olarak beton karışımları hesabında önemlidir. Yüksek özgül ağırlığa sahip agregalar genellikle don mukavemeti ve dayanıklılık bakımından etkilidir. Çalışmada kullanılan tüm agregaların özgül ağırlıkları 2,4-2,8 gr/cm<sup>3</sup> aralığında belirlenmiş olup limit değerler içerisinde kalmaktadır.

**Çizelge 5.9.** Taşocağı numunelerinin su emme deney sonuçları

Agrega Türü	Agrega Cinsi	
	Kaba (Su Emme %)	İnce (Su Emme %)
A1	2,43	2,30
H1	0,58	0,84
K1	0,44	0,73
M1	1,08	1,51
B1	1,40	1,84

**Çizelge 5.10.** Doğal agrega numunelerinin su emme deney sonuçları

Agrega Türü	Agrega Cinsi	
	Kaba (Su Emme %)	İnce (Su Emme %)
İK1	1,48	1,30
KD1	0,98	0,76
BD1	0,56	0,53
NK1	1,28	1,36

Su emme deneyinde, beton karışımı hesaplarında su-çimento oranına esas olarak doymun kuru yüzeyli agregal alınmış olduğuna göre agreganın su emme değerini saptamak gereklidir. Taşocağı agregalarında en fazla su emme A1 numunesinde, doğal agregal numunesinde NK1 numunesinde görülmüştür. Agregaların su emme değeri %1'den büyük değerler aldığı anda agreganın kalitesiz olduğu anlamına gelmemektedir. Su emme miktarı TS 3526'ya göre maksimum % 2 olmalıdır.

#### 5.1.4. Agreganın aşınma dayanımına (Los Angeles) ilişkin sonuçlar

Agregaların aşınma dayanımı sonucunda değerleri Çizelge 5.11. ve Çizelge 5.12.' de verilmiştir.

**Çizelge 5.11.** Taşocakları agregalarının Los Angeles aşınma deneyi sonuçları

Agrega Türü	Deney Örneğinin Ağırlığı (gr)	100 devir Sonunda Elek Üstünde Kalan(gr)	500 devir Sonunda Elek Üstünde Kalan(gr)	Los Angeles Katsayısı (%)	
				100 Devir	500 Devir
A1	5000	4430	3490	11,40	30,20
H1	5000	4746	3737	5,08	25,26
K1	5000	4655	3690	6,90	26,20
M1	5000	4320	3797	13,60	24,06
B1	5000	4450	3860	11,00	22,80

Bilyeli tamburla yapılan aşınmaya dayanıklılık deneyinde 100 devir sonrasında ve 500 devir sonrasında şartname limitleri yol agregası beton-asfalt için %35 ve beton üretimi için %40 değerlerini aşmamalıdır. Los Angeles aşınma deneyi agreganın dayanıklılık ve sertliği hakkında bilgi verir. Çalışmada kullanılan A1, H1, K1, M1 ve B1 numuneleri için deney sonuçları limit değerler içerisinde kalmaktadır.

**Çizelge 5.12.** Doğal agregaların Los Angeles aşınma deneyi sonuçları

Agrega Türü	Deney Örneğinin Ağırlığı (gr)	100 devir Sonunda Elek Üstünde Kalan(gr)	500 devir Sonunda Elek Üstünde Kalan(gr)	Los Angeles Katsayısı (%)	
				100 Devir	500 Devir
İK1	5000	4395	3850	12,10	23,00
KD1	5000	4545	3965	9,10	20,70
BD1	5000	4310	3580	13,80	28,40
NK1	5000	4180	3355	16,40	32,90

Çalışmada kullanılan numunelerden İK1, KD1, BD1 ve NK1 numuneleri için deney sonuçları limit değerler içerisinde kalmaktadır.

### 5.1.5. Agregaların donma dayanıklılığı

Üretilen betonun donma olayı karşısında parçalanmaması birçok faktörün etkisi altında bulunmaktadır. Burada en önemli etken beton üretiminde kullanılan agregaların donma etkisine karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Agregaların donma dayanımını tespit etmek için kimyasal yöntem ile yapılan deney sonuçları Çizelge 5.13. ve Çizelge 5.14.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.13.** Taşocakları numuneleri Sodyum sülfat ile donma dayanıklılık tayini deney sonuçları

Numune	A1	H1	K1	M1	B1	TSE 3655 (ASTM – C 88)
Ortalama Kayıp (%)	1,92	1,07	2,39	1,54	1,08	12

**Çizelge 5.14.** Doğal agregası numuneleri Sodyum sülfat ile donma dayanıklılık tayini deney sonuçları

Numune	İK1	KD1	BD1	NK1	TSE 3655 (ASTM – C 88)
Ortalama Kayıp (%)	2,85	1,92	1,38	2,36	12

Agregası numunelerin standartta göre %12 olan donma dayanıklılık değerini sağladığı görülmektedir.

### 5.1.6. Agregası yassılık indeksi deney sonuçları

Yassı ve silindirik tanelerin çekme dayanımları düşük olduğu için trafik ve çevre etkisi altında kolayca aşınıp kırılabilirler. Deney sonunda yassı tanelerin oranı %35'i geçmemelidir. Agregası yassılık indeksi değerleri Çizelge 5.15. ve Çizelge 5.16.'de görülmektedir.

**Çizelge 5.15.** Taşocakları agregaları yassılık indeksi deney sonuçları

Numune	A1	H1	K1	M1	B1	TS EN 933-3
Yassılık İndeksi (%)	20,58	24,46	28,45	6,70	10,50	35

**Çizelge 5.16.** Doğal agregalar yassılık indeksi deney sonuçları

Numune	İK1	KD1	BD1	NK1	TS EN 933-3
Yassılık İndeksi (%)	19,86	28,92	32,95	15,68	35

Agrega numunelerinin standarta göre %35 olan yassılık indeksi değerlerini sağladığı görülmektedir.

### 5.1.7 Çamurlu madde miktarı tayini sonuçları

Agregaların hacimce çamurlu madde oranları aşağıda Çizelge 5.17. ve Çizelge 5.18.'de verilmiştir. Deney standardı TS 3527'ye göre yapılmaktadır.

**Çizelge 5.17.** Taşocakları agregalarının hacimce çamurlu madde oranları

Numune	Hacimce Çamurlu Madde Oranı (%)
A1	3,00
H1	1,95
K1	0,95
M1	6,50
B1	4,35

**Çizelge 5.18.** Doğal agregaların hacimce çamurlu madde oranları

Numune	Hacimce Çamurlu Madde Oranı (%)
İK1	3,95
KD1	0,95
BD1	2,85
NK1	4,65

TS 3527' e göre hacimce çamurlu madde miktarı %5 'i aşmaması gerekmektedir. Numuneler arasında M1 numunesinin bu değeri sağlamadığı görülmektedir.

## 5.2. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde alınan numunelerle yapılan taze beton deneylerine ait sonuçlar verilmiştir.

**Çizelge 5.19.** Taşocakları numunelerinin taze beton deneyi sonuçları

Beton Serisi	Su/Çimento	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
A1	0,53	2,48
H1	0,53	2,41
K1	0,53	2,40
M1	0,53	2,38
B1	0,53	2,55

Deneysel çalışmada kullanılan A1, H1, K1, M1 ve B1 agregalarına ait yapılan taze betondaki birim hacim ağırlıkları standartlarca belirtilen 2,00 kg/dm<sup>3</sup>'den büyük olduğu için beton yapımında kullanılmasında sakınca olmadığı saptanmıştır.

**Çizelge 5.20.** Doğal agrega numunelerinin taze beton deneyi sonuçları

Beton Serisi	Su/Çimento	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )
İK1	0,53	2,36
KD1	0,53	2,28
BD1	0,53	2,45
NK1	0,53	2,21

Numunelerin standart 2,00 kg/dm<sup>3</sup>'den büyük olduğu için beton yapımında kullanılmasında sakınca olmadığı saptanmıştır..

### **5.2.1. Sertleşmiş beton deneylerine ilişkin sonuçlar**

Sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda 7 ve 28 günlük örnekler üzerinde analizler yapılmıştır.

**Çizelge 5.21.** Taşocağı numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları

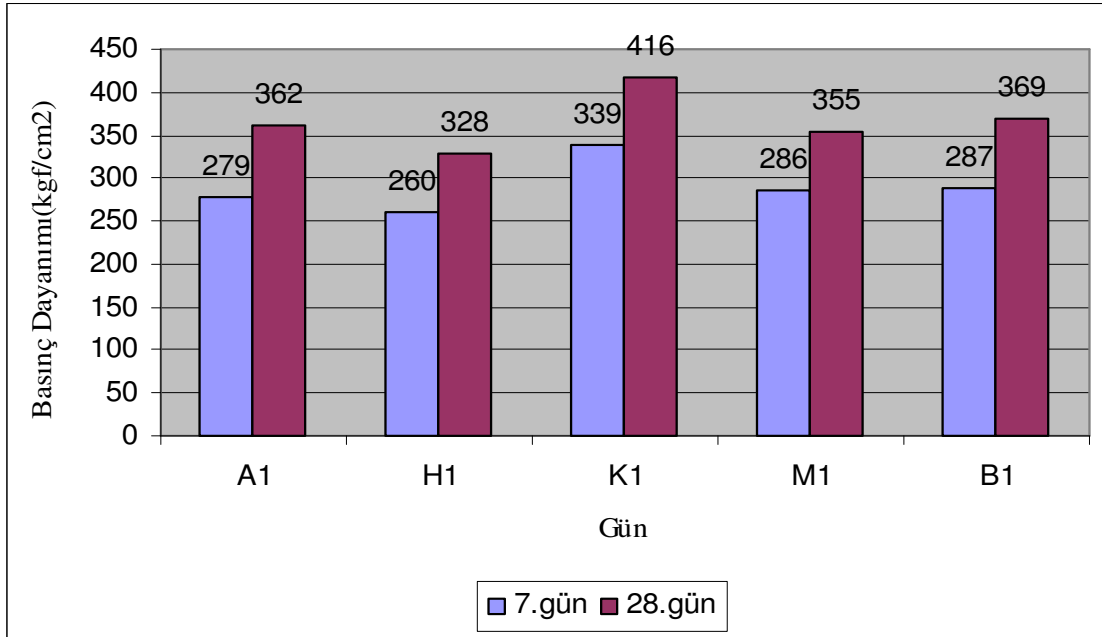
Beton Sınıfı	Yüze gelen yük		Yüzey Alanı(cm <sup>2</sup> )	Basınç Dayanımı(kgf/cm <sup>2</sup> )			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
A1	60750	79850	225	270,00	279,49	354,88	362
	61053	80560		271,35		358,04	
	63176	82520		280,78		366,76	
	66564	82485		295,84		366,60	
H1	59150	72972	225	262,88	259,94	324,32	328
	56150	70538		249,55		313,50	
	58760	77170		261,15		342,98	
	59890	74898		266,17		332,88	
K1	76403	87181	225	339,57	339	387,47	416
	74898	96032		332,88		426,81	
	77225	95898		343,22		426,21	
	76174	94838		338,55		421,50	
M1	65450	79850	225	290,88	285,54	354,88	355
	63230	76560		281,02		340,27	
	66150	82150		294,00		365,11	
	62160	80550		276,26		358,00	
B1	66540	80250	225	295,73	286,98	356,67	369
	62450	82450		277,55		366,44	
	65400	84560		290,66		375,82	
	63890	85170		283,96		378,53	

Üretilen betonların 28 günlük 15x15 cm boyutundaki eşdeğer küp basınç dayanımlarına göre en yüksek değer K1 agregasıyla üretilen beton numunesinde gözlemlenmiştir. En düşük basınç dayanımı H1 numunesiyle üretilen betondur. A1, H1 ve M1 numuneleri basınç dayanımlarına göre sınıflandırıldığında C 25 betonu, K1 ve B1 numuneleriyle üretilen betonlar basınç dayanımına göre sınıflandırıldığında C 30 betonuna tekabül etmektedir.



**Çizelge 5.22.** Hesaplanan basınç dayanımlarına tekabül eden beton sınıfları

Agrega Türü (Numune)	Beton Numunesine Ait Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tekabül ettiği beton sınıfı (Mpa)
A1	362	C 25
H1	328	C 25
K1	416	C 30
M1	355	C 25
B1	369	C 30



**Şekil 5.3.** Taşocağı numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları

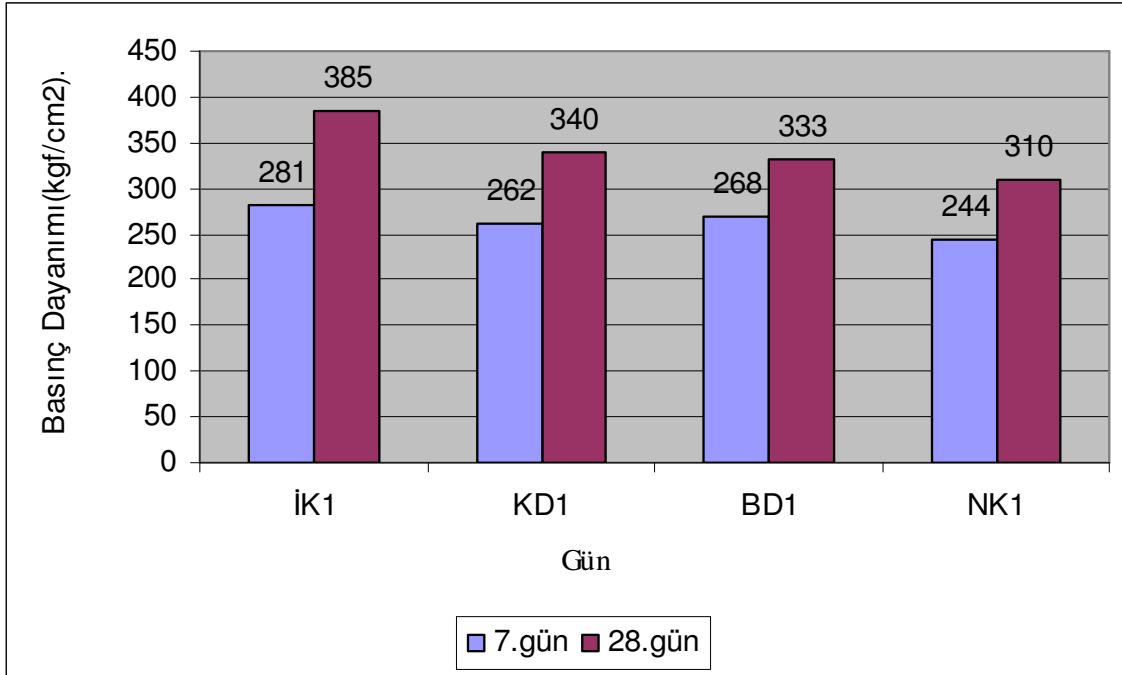
**Çizelge 5.23.** Doğal agrega numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları

Beton Sınıfı	Yüzeğe gelen yük		Yüzey Alanı(cm <sup>2</sup> )	Basınç Dayanımı(kgf/cm <sup>2</sup> )			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
İK1	63743	76545	225	283,30	280,80	340,20	385
	64053	88463		284,68		393,17	
	63765	92385		283,40		410,60	
	61150	89539		271,78		397,95	
KD1	59850	73850	225	266,00	261,82	328,22	340
	57150	76515		254,00		340,07	
	58950	76170		262,00		338,53	
	59685	79430		265,27		353,02	
BD1	63480	73180	225	282,13	267,51	325,24	333
	59890	76030		266,17		337,91	
	58225	75890		258,77		337,29	
	59170	74850		262,97		332,67	
NK1	55450	69840	225	246,44	244,43	310,40	310
	56230	66560		249,91		295,82	
	56150	72150		249,56		320,67	
	52160	70560		231,82		313,60	

Üretilen betonların 28 günlük 15x15 cm boyutundaki eşdeğer küp basınç dayanımlarına göre en yüksek değer İK1 agregasıyla üretilen beton numunesinde gözlemlenmiştir. En düşük basınç dayanımı NK1 numunesiyle üretilen betondur. KD1, BD1 ve NK1 numeleri basınç dayanımlarına göre sınıflandırıldığında C 25 betonu, İK1 numuneleriyle üretilen beton basınç dayanımına göre sınıflandırıldığında C 30 betonuna tekabül etmektedir.

**Çizelge 5.24.** Hesaplanan basınç dayanımlarına tekabül eden beton sınıfları

Agrega Türü (Numune)	Beton Numunesine Ait Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tekabül ettiği beton sınıfı (Mpa)
İK1	385	C 30
KD1	340	C 25
BD1	333	C 25
NK1	310	C 25



**Şekil 5.4.** Doğal agrega numunelerine ait betonların 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımları

### 5.3. Beton-Asfalt Karışımlarla İlgili Deneysel Sonuçları

Bu bölümde numuneler üzerinde yapılan beton-asfalt deneyleriyle ilgili sonuçlar verilmiştir.

### 5.3.1. Marshall Metodu ile optimum bitüm yüzdelerinin belirlenmesi

Marshall metodu ile yapılan deneyler sonucunda Stabilite – Bitüm %, Pratik Özgül Ağırlık – Bitüm %, Boşluk -Bitüm %, Asfaltla Dolu Boşluk – Bitüm % değerleri hesaplanarak grafikler çizilmiş bu grafiklerden şartnamenin belirttiği şekilde elde edilen bitüm oranlarının aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm oranları A1, H1, K1 M1 ve B1 numuneleri için sırasıyla %5.10, % 4.50, %4.95, %4,80 ve %4.85 olarak bulunmuştur . Bulunan değerler ekonomik oran sınırları içerisinde kalmaktadır.

**Çizelge 5.25.** Marshall Metodu deney sonuçları

Agrega Türü	Pratik Özgül Ağırlık(gr/cm <sup>3</sup> )	Stabilite (kg)	Boşluk (%)	Asfaltla Dolu Boşluk (%)	V.M.A (%)	Akma (mm)	Optimum Bitüm Oranı (%)
A1	2,518	1135	4,05	69,80	11,40	4,20	5,10
H1	2,499	1005	4,13	70,20	13,90	3,05	4,50
K1	2,555	1190	3,90	73,75	14,40	3,95	4,95
M1	2,650	1010	3,85	72,40	10,50	3,55	4,80
B1	2,750	1100	3,75	70,50	11,80	3,90	4,85

Özellikle asfalt karışımların aşınma tabakalarının en çok maruz kaldığı, taşıtlardan gelen sürekli dinamik yükler, uzun süreli statik yükler ile hızlanan ve yavaşlayan araçların tekerlek etkileri altında oluşan basınç, çekme, kesme kuvveti ve sökölme etkileri karşısında kaplamanın davranışını etkileyen en önemli özelliklerden biri kaplamanın stabilite özelliğidir. Kaplamanın bu tip etkilere dayanabilmesi için yeterli derecede stabiliteye sahip olması gerekmektedir. Kaplamanın içinde bulunan agreganın stabilitesini doğrudan doğruya etkilemektedir. Ayrıca stabilite karışımının hazırlanması, sıkıştırma anında sıcaklığı, yeterince sıkışıp sıkışmadığı, optimum bitüm oranı vb. birçok faktöre bağlıdır. Bitümlü karışımlarda yoğunluk arttıkça durabilite ve stabilite gibi fiziksel özelliklerde daha iyi olur. Asfaltla dolu boşluk oranı karışımın plastisite, durabilite ve trafikte olan sürtünme katsayısı gibi parametrelerin kontrol edilmesinde önemli bir etkidir. Numunelerin optimum bitüm oranına karşılık gelen asfaltla dolu boşluk oranı şartname sınırları içerisinde kalmaktadır. Bitümlü karışımlarda diğer bir faktör boşluk oranıdır. Boşluğun artması malzemenin stabilitesinin

düşmesine ve geçirimli olmasına neden olur. Çok düşük boşluk oranında yaz aylarında yol yüzeyinde kuma yaparak yol yüzeyinin kaygan hal olmasına sebep olur. Ayrıca düşük boşluk oranında ağır trafik yükleri altında karışımın plastik deformasyona uğramasını arttıracaktır. Marshall yönteminde karışım dizaynında kontrol amaçlı olarak akma-bitüm % ve mineral agregası içerisindeki boşluğa karşılık – bitüm % ilişkilerine ait grafiklerden yararlanılır. Akma değeri karışımın plastikliği ve gevrekliği hakkında en önemli göstergelerden biridir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmasında Edirne bölgesinde halen çalışmakta olan farklı agrega ve taşocaklarından alınan agrega örnekleri ile agrega yeterlilik deneyleri yapılmış, malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş ve bunlar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu malzemelerin genel olarak tane büyüklüğü dağılımları ve incelik modülleri beton yapımı için uygun olduğu görülmekle birlikte, beton üretiminde w/c oranlarının kontrol altında tutulması gerekmektedir. Numuneler maksimum tane çapı 31,5 mm olan agregalar için TS 802’de verilen 3,30 ve 5,08 sınırları arasında kalmaktadır. Bu agregalar ile üretilen numunelere ait betonlarda w/c oranı 0,53 alınmış, elde edilen betonların basınç dayanımları irdelenmiştir.

Taşocaklarından alınan örneklerden granülometri, incelik modülü, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, donmaya karşı dayanım, yassılık indeksi, çamurlu madde miktarı ve aşınma kaybı değerleri yapılan deneylerle bulunmuştur. Hamzabeyli ve Kapaklı Taşocaklarından alınan numunelerde incelik modülü, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, donmaya karşı dayanım ve aşınma kaybı değerleri birbirine yakın değerler çıkmıştır. Bu değerlere bakılarak iki ocağın birbirine yakın olması, jeolojik yapı ve formasyonlarının aynı olması bu sonuçları teyid etmektedir. Taşocağı agregaları Los Angeles aşınma değerlerine göre şartnamede belirtilen %35 sınır değerinin altında bir değer göstermişlerdir.

Doğal agrega ocaklarından alınan örneklerden granülometri, incelik modülü, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, yassılık indeksi, çamurlu madde miktarı, donmaya karşı dayanım ve aşınma kaybı değerleri yapılan deneylerle bulunmuştur. Küçükdöllük agregası ve Büyükdöllük agregasından alınan numunelerde incelik modülü, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, yassılık indeksi, donmaya karşı dayanım ve aşınma kaybı değerleri birbirine yakın değerler çıkmıştır. Doğal agregalar Los Angeles aşınma değerlerine göre şartnamede belirtilen %35 sınır değerinin altında bir değer göstermişlerdir.

Beton deneylerinin mekanik özellikleri incelendiğinde 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerinin istenilen sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür. En yüksek dayanım sınıfının taşocağı agregalarında Kapaklı taşocağından alınan numunelerle yapılan betonlardan elde edildiği bulunmuştur. En düşük dayanım sınıfı Hamzabeyli taşocağından üretilen betonda çıkmıştır. Doğal agrega numuneleriyle yapılan 7 ve 28 günlük beton basınç dayanımlarında

İğnesi Köyü agregası en yüksek, Necatiye-Kuleli agregası en düşük değerleri verdiği görülmüştür.

Taşocakları agregalarıyla yapılan beton-asfalt üretiminde Marshall yöntemi ile trafik şartlarına uygun sıcak karışım dizaynı yapılarak optimum bitüm oranları, Marshall stabilite, akma değerleri belirlenmiştir. A1, H1, K1, M1 ve B1 numunelerinin optimum bitüm oranları sırasıyla %5,10, %4,50, %4,95, % 3,90 ve %5,65 olduğu görülmüştür. Bu değerlerin tüm numunelerde ekonomik kullanım sınırları içerisinde kaldığı görülmüştür.

Marshall Stabilite deneyine göre stabilite değerleri  $K1 > A1 > B1 > M1 > H1$  şeklinde elde edilmiştir. Genelde yüksek stabilite ağır trafik yükleri altında istenen bir durum olmasına rağmen, çok yüksek stabilite ve düşük akma değeri karışımın gevrekliğinin bir göstergesidir.

Bu çalışmada Edirne yöresi doğal agrega ve taşocakları malzemelerinin incelenmesinden;

- Hamzabeyli taşocağı malzemesinin beton ve beton- asfalt kompozitleri üretimi için uygun olduğu yapılan deneylerden sonuçları incelendiğinde ortaya çıkmaktadır.
- Arnavutköy taşocağı malzemesi; kalker kökenli, dayanımlı, sert bir yapıdadır. Kayaç çatlaklı ve çaylakları kil içermektedir. Malzeme beton ve beton-asfalt kompozitleri üretimi için uygun olduğu ancak, kayaç çatlaklarında kil bulunduğu malzemenin kullanılmadan önce yıkanması gerekmektedir.
- Kapaklı taşocağı malzemesi dolomit kökenli olup bu taşocağından üretilecek agrega ile yol, alt temel, plentmiks, çimento stabilizasyonu, beton malzemesi, sathi kaplama ve asfalt betonunda kullanılabilir.
- Mecidiye taşocağı kalker kökenli malzemedir. Bu taşocağından üretilecek malzeme ile beton, temel ve alttemel, beton-asfalt üretiminde ve sathi kaplamada kullanılabilir.
- İğnesi agrega ocağı Ocak malzemesi granülometrisinin ayarlandıktan sonra; yol inşaatında temel malzemesi ve betonda agrega olarak kullanılabilir.
- Küçükdöllük agrega ocağı yol temel malzemesi olarak, yıkanıp granülometrisi ayarlandıktan sonra beton üretiminde kullanılır.
- Büyükdöllük agrega ocağı malzemesi yol temel malzemesi olarak kullanılabilir özelliktedir.
- Necatiye-Kuleli agrega ocağı malzemesi yol temel malzemesi olarak kullanılabilir.

Edirne yöresinde dolomit-dolomitik kireçtaşlarına rastlanmıştır. Bu, alkali-agrega reaksiyonu yönünden risk yaratabileceğinden tez süresince araştırılmayan ve betonun durabilitesini çok etkileyen alkali-agrega reaksiyonu konusunda detaylı araştırmalar yapılmalıdır. Ayrıca doğal agrega ve taşocakları malzemelerinin kimyasal analizlerinin de göz önüne alınması gerekmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- Adams E.C., (Çeviren: Dönmez, S.), 1993 Yapı Bilgisi III, Yüksek Öğrenim Kurulu, II. Baskı, 1993, Ankara.
- Ağar, E. Ve Umar F., Yol Üstyapısı, 4. Baskı, İ.T.Ü.İnşaat Fakültesi Matbaası, 1991, İstanbul.
- Akman ,M.S., Yapı Malzemeleri , İTÜ, 1987, İstanbul.
- Aksoy , C.O., Yalçın E., 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Kırmataş Üretim Yöntemlerinin Ekonomik Analizi, 1999, İzmir.
- Albayrak, H.F., Beton Cep Kitabı, Hazır Beton Birliği Yayınları, 1988, Ankara
- AASTHOT 165-02, Standart Method Of Test For Effect Of Water On Cohesion Of Compacted Bituminous Mixtures, Annual Book Of AASTHO Standarts, USA.
- ASTM C 88, 2005, Standart Test Method For Soundness Of Aggregates By Use Of Sodium Sulfate Or Magnesium Sulfate, American Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM C 597, 2002, Standart Test Method For Pulse Velocity Through Concrete Amerikan Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM D5-97, 2003, Standart Test Method For Penetration Of Bituminous Materials. Society for Testing and Materials, USA.
- ASTM D1559-89, 1992, Standart Test Method For Ductility Of Bituminous Materials. Society for Testing and Materials, USA.
- Baradan B., 1996. Yapı Malzemesi – II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:207, 4. Baskı, s. 42-95, İzmir.
- Baradan B., 1997. Yapı Malzemesi – II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, s. 174-176, İzmir.
- Beyazıt, Ö.L., 1998. Beton ve Deneyle. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, s. 40-60, Ankara.
- Cox, B.E., Products of Strategic Highway Research Program, Highways and Transportation 40,6, 1993, pp. 11-13.
- Çetin S., 2007. Afyonkarahisar Bölgesi Volkanik Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Y.Lisans, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Çomak, B., 2007. Isparta Yöresinde Çıkarılan ve Beton Üretiminde Agrega Olarak Kullanılan Malzemelerinin Özelliklerinin Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dursun G., 2004. İstanbul Anadolu Yakasındaki Kireçtaşlarının Agrega Kalitesi Yönünden

- Değerlendirilmesi. Y. Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, T.Y., Betonun Oluşturan Malzemeler Agregalar. ODTÜ, 1995, Ankara.
- Guirguis, H.R., Daoud, O.E.K. ve Hamdani, S.K., 1990. Asphalt Concrete Mixtures Made With Cement – Coated Aggregates. Transportation Research Record, 843, pp. 80-85.
- Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2005. Deney Raporları, Ankara.
- Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, 1995, KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Kırca, S., 2001. Sütçüler - Menteşe Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 88s, Isparta.
- Matthews, J.M. ve Monismith, C.L., 1992. Effect of Aggregate Gradation on the Creep Response of Asphalt Mixture and Pavement Rutting Estimates, ASTM Special Technical Publication 1147, Philadelphia, PA, USA, pp 329-343.
- Oruç, Ş., 1997., Tortul Kalker Taşocağı Agregalarının Asfalt Betonu İçerisindeki Performansının Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 70 s, Trabzon.
- Önal, M.E. ve Karaca, S., 1984, Asfalt Betonu ve Diğer Sıcak Karışım Tipleri için Karışım Dizayn Metotları, Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Daire Başkanlığı, s.200, Ankara.
- Önal. M.A. ve Karaca S., 1990. Asfalt Betonu ve Diğer Sıcak Karışım Tipleri İçin Karışım Dizaynı Metotları(Çeviri), Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Önal, M.A. ve Kahramangil, M., 1993. Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Sütaş, İ ve Güven Ö., 1986. Karayolu İnşaatında Uygulama ve Projelendirme. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- Tayebali, A.A, Rowe, G.M. ve Sousa, J.B., 1992. Fatigue- Response of Asphalt- Agregate Mixtures, Proceedings of the 1992 Asphalt Paving Technology, Charleston, SC, USA, pp. 333-360.
- TS EN 206-1, 2002, Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 932-1, 1997, Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler – Kısım – 1 – Numune Alma Metodları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-1, 2002, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler- Bölüm 1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 1097-2, 2000, Agregada Parçalanma Direncinin Tayini için Los Angeles Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2003, Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 706 EN 12620, 2003, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802, 1985, Beton Karışımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2941, 1978, Taze Betonda Birim Hacim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3260, 1978, Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3527, 1980, Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3529, 1980, Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3624, 1981, Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3655, 1981, Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tunç A., 2001. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, s.840, İstanbul.
- Uluçaylı, M., 1997, Bitümlü Karışımların Dizaynında Yeni Gelişmeler Yoğurtmalı Press, Yollar Türk Milli Komitesi, Ankara.
- Uluçaylı, M., 2002, Asfalt El Kitabı, İsfalt, s.500, İstanbul.
- Yağız, F., Keçeciler, A.F., Işıksalan, C., Akkol, G., 1967, Bitümlü Malzemeler, İş Matbaacılık ve Ticaret, Ankara.
- Yıldırım B., 2002. Yol İnşaatı Ders Notları F.Ü., Elazığ.
- Yıldırım E., 2005. T.Ü.Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bitirme Ödevi, Tekirdağ.
- Yılmaz ,A.O.,Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., 1999, Çözümlü Beton- Agregada Problemleri, İstanbul.
- Yılmaz, A.O., Çavuşoğlu, İ., 2004. Hurşit Çayı(Giresun-Tirebolu) Kırılmış Dere Malzemesinin Agregada Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Kayamek'2004- VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu / Rockmek'2004 – VII th Regional Rock Mechanics Symposium, Sivas.

Yoder, E.J., Witczak, M.W., 1975. Principles of Pavement Design, Second Edition, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley& Sons, Inc., New York, London, Sydney, Toronto.

Yollar Fenni Şartnamesi, 2004, Yayın No:170/2 Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara

### **İnternet Kaynakları**

	<b>Erişim Tarihi</b>
<a href="http://www.edirne-cevreorman.gov.tr/belge/CDR22-2007.pdf">http://www.edirne-cevreorman.gov.tr/belge/CDR22-2007.pdf</a>	01.11.2007
<a href="http://www.akcansa.com.tr/b_agrega_2.1.asp">http://www.akcansa.com.tr/b_agrega_2.1.asp</a>	15.09.2007

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Memduh KULA

Doğum Yeri : Edirne

Doğum Yılı : 1981

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1996 – 1998 Edirne Süleyman Demirel Fen Lisesi

Üniversite : 1998 – 2002 Dokuz Eylül Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

2003 - 2006 Edirne Belediye Başkanlığı

2006 - .... Trakya Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı