

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EDİRNE-MERİÇ NEHRİ KUMUNUN BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nihat ÇOLAK

MART - 2023

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EDİRNE-MERİÇ NEHRİ KUMUNUN BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nihat ÇOLAK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İsmail KILIÇ

MART – 2023

“EDİRNE-MERİÇ NEHRİ KUMUNUN BETON ÜRETİMİNDE KULLANILMASI” adlı tez çalışması **Nihat ÇOLAK** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İsmail KILIÇ
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Dr. Öğr. Üyesi Saadet Gökçe GÖK
Kırklareli Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Timur CİHAN
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 21 / 03 / 2023

.....
Doç. Dr. H. Hale KARAYER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırlareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nihat ÇOLAK
21 / 03 / 2023

ÖZET

EDİRNE-MERİÇ NEHRİ KUMUNUN BETON ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Nihat ÇOLAK

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. İsmail KILIÇ

Mart 2023, 79 sayfa

Agregalar, betonun iskeletini oluşturan önemli bileşenler olarak vurgulanabilir. Aynı zamanda agregalar beton kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, beton üretiminde ince agrega olarak kullanılan kumun, temin kaynağına bağlı olarak betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada beton üretiminde, Edirne ilindeki Meriç nehri kumu ile 3 farklı tarla ocağından alınan doğal kumlar kullanılmıştır. Beton tasarımlarında çimento dozajı 350 kg/m^3 olarak esas alınmıştır. 4 farklı doğal kumun kullanıldığı tüm beton karışımlarında su/çimento oranı 0,54 ve 0,58 olarak belirlenmiştir. Üretimi gerçekleştirilen taze betonlarda slump (çökme) testleri yapılmıştır. Sertleşmiş beton örnekleri üzerinde basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda toplam 56 adet 15 cm ebatlarında küp numune ve 24 adet 10x10x50 cm kiriş numune üretilmiştir. 48 adet küp numune üzerinde 7 ve 28 günlük basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Kiriş numuneler üzerinde ise 28 günlük eğilmede çekme dayanımı testleri yapılmıştır. 28 günlük 8 adet 15 cm ebatlı küp numunelerde kuru birim hacim ağırlık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca 28 günlük 24 adet küp numunenin ultrasonik dalga geçiş süreleri ölçülmüştür. Tüm deneysel çalışmaların sonucunda Edirne-Meriç nehir kumu ve tarla ocaklarından elde edilen doğal kum kullanılan betonlarda basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı değerleri arasında önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, Edirne-Meriç nehir kumunun beton üretiminde kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Meriç, Kum, Agrega, Beton, Dayanım.

ABSTRACT

USING THE EDİRNE-MERIC RIVER SAND IN CONCRETE PRODUCTION

Nihat ÇOLAK

MSc Thesis

Kırklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İsmail KILIÇ

March 2023, 79 pages

Aggregates can be highlighted as important components that make up the skeleton of concrete. Moreover, aggregates directly affect the concrete quality. In this study, the effect of sand used as fine aggregate in concrete production on the compressive strength of concrete, depending on the supply source of the sand, has been extensively investigated. In the experimental study, Meric river sand in Edirne and natural sands derived from 3 different field quarries were used in concrete designs. Cement dosage has been used as 350 kg/m^3 in concrete designs. In all concrete designs using 4 different natural sands, the water/cement ratio values used were 0,54 and 0,58. Slump tests were carried out on the fresh concrete produced. Compressive strength and flexural strength tests were performed on hardened concrete samples. In the experimental studies, total of 56 cube samples of 15 cm in size and 24 beam samples (10x10x50 cm) were produced. 7 and 28 day compressive strength tests were carried out on 48 cube samples. 28-day flexural strength tests were carried out on beam specimens. 28-day dry unit weight of 8 cube samples with size of 15 cm was determined. In addition, ultrasonic wave transition times of 24 cube samples of 28-day were measured. As a result of all experimental studies, it was observed that there were no significant differences between compressive strength and flexural strength values in concretes using Edirne-Meric river sand and natural sand aggregates obtained from field quarries. When the studies were evaluated, it was concluded that Edirne-Meriç river sand is suitable to be used in concrete production.

Keywords: Meric, Sand, Aggregate, Concrete, Strength.

TEŞEKKÜR

Danışmanlığımı üstlenen, konu seçiminden araştırmaların yürütülmesine dek beni sınırlamayıp özgür bırakan, tezi yazma sürecinde bilgi ve tecrübesini esirgemeyip her türlü imkânı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. İsmail KILIÇ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans eğitim sürecimin her aşamasında beni yüreklendiren, sevgisinden güç aldığım eşim Sebahat'a, eğitim hayatlarında örnek olmaya çalıştığım, çalışmalarım da desteklerini her zaman hissettiğim çocuklarım Ekin ve Artun'a da ayrıca teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	İX
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	XII
RESİMLERİN LİSTESİ	XIV
HARİTALARIN LİSTESİ	XV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Tezin Konusu, Amaç ve Hedefler	5
2.2. Beton Agregaları.....	6
2.3. Meriç Nehri Kumu ve Meriç Nehrinin Genel Özellikleri	9
2.4. Tez Konusu Hakkında Daha Önce Yapılan Araştırmalar	17
3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM	23
3.1. Malzemeler	23
3.1.1. Su	23
3.1.2. Çimento.....	23
3.1.3. Agregası.....	26
3.1.3.1. Cantaş taş ocağı	26
3.1.3.2. Meriç kumu.....	27
3.1.3.3. Elçili kumu.....	28
3.1.3.4. Tatarköy kumu	28
3.1.3.5. Tatman kumu	29
3.2. Deneysel Yöntem	30
3.2.1. Agregası deneyleri.....	30
3.2.2. Taze ve sertleşmiş beton deneyleri	30
3.2.3. Beton karışımları.....	31
3.2.4. Beton karışımlarının özellikleri	32

4. DENEY SONUÇLARI	33
4.1. Agrega Deney Sonuçları.....	33
4.1.1. Elek analizi	33
4.1.2. İnce malzeme miktarı.....	38
4.1.3. Özgül ağırlık ve su emme oranı	39
4.1.4. Los Angeles aşınma kaybı tayini	41
4.1.5. Metilen mavisi deneyi.....	42
4.2. Taze ve Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları.....	43
4.2.1. Slump (çökme) deneyi	43
4.2.2. Sertleşmiş beton birim ağırlık tayini.....	45
4.2.3. 28 günlük suya doymuş ağırlık ve etüv kurusu ağırlık deneyi.....	48
4.2.4. Basınç dayanımı tayini.....	49
4.2.5. Eğilmede çekme dayanımı tayini.....	52
4.2.6. Ultrasonik dalga geçiş hızı tayini.....	55
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	59
5.1. Slump Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	59
5.2. Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	60
5.3. 28 Günlük Suya Doymuş ve Etüv Kurusu Ağırlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi	62
5.4. Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	64
5.5. Eğilmede Çekme Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	66
5.6. Ultrasonik Dalga Geçiş Süresi ve Dalga Geçiş Hızı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. Meriç ve kollarındaki istasyonlardan geçen akı miktarları	12
Çizelge 2.2. Edirne ilinde faaliyet gösteren beton santralleri.....	16
Çizelge 3.1. Portland çimentosu mekanik testler	24
Çizelge 3.2. Portland çimentosunun kimyasal analizleri (%).....	25
Çizelge 3.3. Portland çimentosunun fiziksel analizleri	25
Çizelge 3.4. Deney programında test edilen numune sayıları	31
Çizelge 3.5. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları.....	32
Çizelge 3.6. Beton karışımlarında kullanılan bileşen miktarları (1 m ³ için).....	32
Çizelge 4.1. Agregada deneyleri-toplamalı elekten geçen, %	34
Çizelge 4.2. Agregalar üzerinde gerçekleştirilen fiziksel deney sonuçları	43
Çizelge 4.3. Taze beton karışımlarında slump (çökme) değerleri.....	44
Çizelge 4.4. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	45
Çizelge 4.5. K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	46
Çizelge 4.6. K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	46
Çizelge 4.7. K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	46
Çizelge 4.8. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	46
Çizelge 4.9. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	47
Çizelge 4.10. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	47
Çizelge 4.11. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	47
Çizelge 4.12. 8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	48
Çizelge 4.13. Her bir farklı karışım için üretilen 28 günlük küp numunelerin suya doygun, etüv kurusu ağırlık ile su emme miktarı ve oranı değerleri	49
Çizelge 4.14. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	50

Çizelge 4.15.	K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	50
Çizelge 4.16.	K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	50
Çizelge 4.17.	K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	50
Çizelge 4.18.	K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	51
Çizelge 4.19.	K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	51
Çizelge 4.20.	K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	51
Çizelge 4.21.	K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri	51
Çizelge 4.22.	8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri	52
Çizelge 4.23.	K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	53
Çizelge 4.24.	K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	53
Çizelge 4.25.	K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	53
Çizelge 4.26.	K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	53
Çizelge 4.27.	K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	54
Çizelge 4.28.	K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	54
Çizelge 4.29.	K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	54
Çizelge 4.30.	K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri	54
Çizelge 4.31.	8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kırış numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanımı değerleri	55
Çizelge 4.32.	K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	56
Çizelge 4.33.	K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	56
Çizelge 4.34.	K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	56
Çizelge 4.35.	K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	56

Çizelge 4.36. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	57
Çizelge 4.37. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	57
Çizelge 4.38. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	57
Çizelge 4.39. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	57
Çizelge 4.40. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ortalama dalga geçiş süresi ve hızı değerleri	58



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 4.1. Meriç kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği	34
Şekil 4.2. Elçili kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği	35
Şekil 4.3. Tatman kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği	35
Şekil 4.4. Tatarköy kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği	36
Şekil 4.5. Taş tozu tane büyüklüğü dağılımı grafiği	36
Şekil 4.6. Kırmataş 1 numara agreganın tane büyüklüğü dağılımı grafiği	37
Şekil 4.7. Kırmataş 2 numara agreganın tane büyüklüğü dağılımı grafiği	37
Şekil 4.8. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı grafiği.....	38
Şekil 5.1. 8 farklı beton karışımının slump (çökme) değerleri.....	59
Şekil 5.2. S/Ç:0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	60
Şekil 5.3. S/Ç:0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	61
Şekil 5.4. 8 farklı beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri	61
Şekil 5.5. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde suya doymun ağırlık ve etüv kurusu ağırlık değerleri	62
Şekil 5.6. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde su emme oranı değerleri	63
Şekil 5.7. S/Ç:0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri	64
Şekil 5.8. S/Ç:0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri	64
Şekil 5.9. 8 farklı beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri.....	65
Şekil 5.10. S/Ç:0,54 beton karışımlarının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri	66
Şekil 5.11. S/Ç:0,58 beton karışımlarının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri	66
Şekil 5.12. 8 farklı beton karışımının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri ..	67
Şekil 5.13. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş süresi değerleri	68
Şekil 5.14. S/Ç:0,54 beton karışımlarında üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri	69
Şekil 5.15. S/Ç:0,58 beton karışımlarında üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri	69

Şekil 5.16. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri70



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 2.1. Meriç Nehri kum çıkarma işlemi.....	17
Resim 2.2. Tarla ocağı kum çıkarma işlemi	17
Resim 3.1. Çimentaş Trakya Fabrikası.....	23
Resim 3.2. CEM I 42,5 R portland çimentosu.....	24
Resim 3.3. Taş tozu, Kırmataş I ve Kırmataş II agregaları	26
Resim 3.4. Cantaş taş ocağı.....	26
Resim 3.5. Meriç kum ocağı tesis ve malzeme görüntüleri	27
Resim 3.6. Meriç kumu genel görünümü	28
Resim 3.7. Elçili kum ocağı tesis ve malzeme görüntüleri	28
Resim 3.8. Tatarköy kum ocağı ve malzeme görüntüleri.....	29
Resim 3.9. Tatman kum ocağı ve malzeme görüntüleri.....	29
Resim 3.10. Karışımlarda kullanılan mikser ve dökümü yapılan numuneler	31
Resim 4.1. Slump deneyi.....	44
Resim 4.2. Sertleşmiş beton birim ağırlık tayini	45
Resim 4.3. 28 günlük suya doymuş ağırlık ve etüv kuru ağırlık deneyi	48
Resim 4.4. Basınç dayanımı deneyi.....	49
Resim 4.5. Kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyi	52
Resim 4.6. Ultrasonik dalga geçiş hızı tayini deneyi	55

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita 2.1. Üç akarsuyun birleşimi, kum ocağı ve kent merkezi.....	9
Harita 2.2. Meriç ve kolları	10
Harita 2.3. Arda, Meriç ve Tunca yağış havzaları.....	13
Harita 2.4. DSİ Meriç nehri yatak temizliği projesi	14
Harita 2.5. Tersip bendi	15



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
°	Derece
SiO_2	Silisyum dioksit
Al_2O_3	Alüminyum oksit
Fe_2O_3	Demir (III) oksit
CaO	Kalsiyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
SO_3	Kükürt trioksit
Na_2O	Sodyum oksit
K_2O	Potasyum oksit
Cl^-	Klor
Cr^{+6}	Krom (VI)
TiO_2	Titanyum dioksit
Mn_2O_3	Mangan (III) oksit
Σ	Toplam
"	İnç
M_1	Deney kısmının kuru kütlesi, kg (110 °C'de etüvde kurutulmuş ağırlık)
M_2	63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg (110 °C'de etüvde kurutulmuş ağırlık)
P	Tavadaki malzeme kütlesi, kg
M_1	Numunenin etüv kurusu ağırlığı (gram)
M_2	Numunenin doygun yüzey kuru durumdaki ağırlığı (gram)

M_3	Numunenin sudaki ağırlığı (gram)
M_k	İri agreganın kuru özgül ağırlığı
M_d	İri agreganın doymun yüzey kuru özgül ağırlığı
M_g	İri agreganın görünen özgül ağırlığı
M_s	İri agreganın su emme oranı %'si
M_{ik}	İnce agreganın kuru özgül ağırlığı
M_{id}	İnce agreganın doymun yüzey kuru özgül ağırlığı
M_{ig}	İnce agreganın görünen özgül ağırlığı
M_{is}	İnce agreganın su emme oranı, %'si

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASTM	American Society for Testing and Materials
cal/gr	Kalori bölü gram
cm	Santimetre
cm ² /gr	Santimetre kare bölü gram
DSİ	Devlet Su İşleri
EN	Avrupa Normu
f	İnce malzeme miktarı
FM	Fineness Modulus (İncelik Modülü)
gr	Gram
gr/cm ³	Gram bölü santimetre küp
hm ³	Hektometreküp
K	Karışım kodu
kg/cm ²	Kilogram bölü santimetrekare
kg/m ³	Kilogram bölü metreküp
kgf/cm ²	Kilogram force bölü santimetre kare
km	Kilometre
km/sn	Kilometre bölü saniye
km ²	Kilometrekare
Lab.	Laboratuvar
μ	Mikron
μm	Mikrometre
μs	Mikrosaniye

m	Metre
mf	1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, gram
m³	Metre küp
m³/sn	Metreküp bölü saniye
Max	Maksimum
MB	Metilen mavisi değeri
Min.	Minimum
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Mega Paskal
mt	Metretül
N/mm²	Newton bölü milimetre kare
ppm	Parts per million
SE	Kum eşdeğeri
TS	Türk Standardı
WGS84	World Geodetic System, Küresel konumlama sistemi

1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe kullanılan yapı malzemeleri içerisinde kuşkusuz en önemli bileşen harç, gazbeton gibi türevleri bulunan beton malzemesidir.

Beton Türkiye’de olduğu gibi tüm dünyada kullanımı oldukça yaygın olan bir yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Betonun nitelikli bir beton olarak tanımlanabilmesi için dayanım, işlenebilme ve kalıcılık (bütünlüğünü ve içindeki çelik donatıyı servis ömrü boyunca koruyabilmesi) gibi 3 temel özelliğe sahip olması gerekmektedir. Tarih boyunca, güvenli, nitelikli, istenilen özellikleri homojen olarak sağlayabilen beton talebi yapı üretim süreçlerinin en önemli ihtiyacı olmuştur.

Betonun inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasının en temel sebepleri beton bileşenlerinin rahatlıkla sağlanabilmesi, beton üretim teknolojisinin devamlı gelişmesi ve diğer malzemelere kıyasla ekonomik bir malzeme olması belirtilebilir. Betonun inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte; şantiyelerde, iş sahalarında kıt kaynaklar ile üretilen, yeterince deney ve analizleri yapılamayan betonlarla istenilen performanslar ve istenilen homojen dağılımın yakalanamaması, inşaat sektörünü; şantiye ve iş sahasındaki yapı üretim süreci dışında ayrı bir süreç olarak güvenli, nitelikli beton üretimi arayışına yöneltmiştir. Bu arayışlar neticesinde, hazır beton santralleri ortaya çıkmıştır.

Hazır beton santrallerinin yaygınlaşması ve beton üretimi alanında yapılan bilimsel araştırmalar, yapı üretiminde, hızlı, güvenli, nitelikli betona erişimin artmasını sağlamış, bu durum farklı ürün taleplerini de tetiklemiş, beton ürünler yelpazesini geliştirmiş, beton ürün çeşitliliğini arttırmıştır.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte beton üretiminin artması, beton hammaddesi doğal kaynakların kullanımının da önemini ortaya çıkarmıştır.

Dünyada ve ülkemizde, inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılan doğal kaynakların azalması, hoyrat kullanımı nedeniyle ekonomik kayıplar ve önemli çevre sorunları yaşanmaktadır. Yaşanan sorunlar, İnşaat Mühendislerini alternatif yapı

malzemelerini araştırmaya ve mevcut yapı malzemelerinin verimli kullanımını konusunda çalışmalara yöneltmiştir.

Bu alışma ile beton bilişiminde kullanılan ince agregaların verimli kullanımına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, plansız kullanımların ve görülen evre sorunlarının önüne geçilmesine yönelik öneriler oluşturulması da hedeflenmiştir.

Yapılan alışma Edirne il sınırları kapsamında yürütülmüştür.

Çalışmada beton numunelerde iri agrega ve taş tozu malzemesi olarak, Edirne'de hazır beton santrallerinin genelde tercih ettiği Vaysal köyü civarında bulunan taş ocaklarından alınan malzemeler kullanılmıştır.

İnce agrega olarak; Edirne ilinde büyük bir kum kaynağı olan Meriç nehri kumu ile Edirne'de sık kullanılan ve tercih edilen 3 farklı tarla ocağından alınan doğal kumlar kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan doğal kumların alkali-silika değerleri kum ocakları verileri üzerinden incelenmiştir. Meriç nehri kumu alkali-silika değerinin mevsim değişimlerden etkilenebildiği değerlendirilmiştir. Bu nedenle Meriç nehri ve tarla ocağı doğal kumlarının alkali-silika değerlerinin karşılaştırılmasının, bu çalışmanın dışında kapsamlı başka bir araştırmada ele alınması gerektiği anlaşılmıştır.

Çimento olarak; Edirne Lalapaşa ilçesinde bulunan Trakya imentaş Fabrikasında retimi gerçekleştirilmiş olan CEM I 42,5 R portland imentosu kullanılmıştır.

Kullanılan agrega ve imento ile beton üretiminde; beton bileşimi içerisindeki ince agrega olarak kullanılan kumun, beton dayanımındaki etkisinin, kumun temin kaynağına göre değişimi araştırılmıştır.

Araştırma yöntemi olarak deneysel metot tercih edilmiştir. Beton numuneler hazırlanmadan önce kullanılan agregaların en uygun gronlometrisi elde edilmiştir. Elde edilen granülometriye göre beton reçeteleri hazırlanmıştır.

Beton reçetelerine göre; 4 farklı doğal kum kullanılarak 350 dozda 0,54 ve 0,58 değerlerinde 2 farklı su/imento oranı ile toplam 80 beton numunenin üretimi gerçekleştirilmiştir. Beton numuneler üzerinde basınç ve eğilmede çekme dayanımı, ultrases dalga geçiş hızı tayini ve kuru birim hacim ağırlığı deneyleri yapılmıştır. 48 adet

15x15x15 cm küp numune 7 ve 28 günlük, 24 adet 10x10x50 cm kiriş numune ise 28 günlük dayanım değerleri üzerinden sınıflandırılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak tablolar halinde sunulmuştur.

Araştırmada, ince agreganın beton üretimindeki önemi açığa çıkarılarak ince agreganın verimli kullanımına katkı sağlanması amaçlanmış ve farklı kaynaklardan temin edilerek beton üretiminde kullanılan ince agreg a malzemesinin özellikle nehir ve tarlalardan çıkarılan doğal kumun birbirleriyle karşılaştırılması yapılarak, nehir kumu kullanımı konusundaki endişe ve soru işaretlerine de cevaplar verilmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmanın, ince agreganın betonun dayanımına etkilerinin belirlenmesi açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.





2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tezin Konusu, Amaç ve Hedefler

Bu yüksek lisans tezinin temel çalışma konusu Edirne-Meriç Nehri kumunun beton üretiminde yapı malzemesi olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğinin araştırılmasıdır. Gerçekleştirilen bu araştırma ile aynı zamanda farklı kökenli, farklı temin kaynağından alınan kumların (ince agregaların) beton özelliklerine etkisi çalışılmıştır.

Trakya bölgesinde özellikle Kırklareli ve Edirne illerinde gittikçe çoğalan ve plansız kullanımlar sonucunda tarımsal arazisi kayıplarına neden olabilen kum ocaklarından elde edilen doğal kumlara alternatif olarak nehir kumunun beton üretiminde değerlendirilip değerlendirilemeyeceği bu çalışmanın önemli bir gerekçesini oluşturmaktadır.

Ayrıca, beton üretiminde kullanılmakta olan Meriç Nehri kumunun beton özelliklerine etkisinin belirlenmesi, diğer kumlarla kıyaslanması gerektiği de çalışma konusunun araştırılma ihtiyacını oluşturmuştur.

Yapılan araştırmada, Edirne-Meriç Nehri kumu ile diğer doğal kumların beton özellikleri üzerindeki etkisi ortaya konulmuş, üretilen betonların performansları karşılaştırılarak, nehir kumu kullanımı hakkındaki endişe ve soru işaretlerinin bir kısmına cevap oluşturulması hedeflenmiştir.

Araştırma sonucunda, Edirne ilindeki ince agregaların (doğal kumların) beton özellikleri üzerindeki etkisi hakkında fikir sahibi olunması da hedeflenmiştir.

Çalışmanın diğer bir başka amacı da ince agrega kullanımının beton üretimindeki önemini açığa çıkarmaktır.

Ayrıca, beton üretiminde kum ihtiyacının karşılanmasında, nehir kumunun alternatif olarak kullanılabileceği sonucu ile karşılaştırılması durumunda, gereksiz açılan veya plansız kullanılan kum ocaklarından kaynaklı çevre sorunlarının azalmasına yönelik öneri ve çalışmalara katkı sağlaması da bu çalışmanın hedefleri arasında yer almaktadır.

2.2. Beton Agregaları

Beton, günümüzde Türkiye’de ve dünyada sıklıkla kullanılmakta olan bir yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Portland çimentosunun 1824 yılında Joseph Aspdin tarafından bulunması ile birlikte başlayan ve 1800’lü yılların sonlarına doğru betonarme olarak ortaya çıkan, 1930’lu yıllarda ise beton yapı sistemlerinde öngörülen betonarme elemanlar vb. uygulamaların geliştirilmeye çalışılmasıyla süreç hızlanmış ve yapı malzemesi olarak beton kullanımı vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Günümüze kadar betonun sıklıkla kullanılması gelmesi betonun pratik ve kullanımını kolay klasik bir malzeme olarak algılanmasını sağlamıştır. Ancak bu durum betonun yeniliklere kapalı bir malzeme olduğunu göstermemektedir. Bunun aksine günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalardan da görüleceği üzere beton gelişime açık bir malzeme olarak vurgulanmaktadır (Kayaturan, 2010).

Beton tanımlanacak olursa su, çimento, agrega ve gerekirse mineral ya da kimyasal katkı malzemelerinin birleşmesi ile meydana getirilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir. Çimento, su ile birleştiğinde çimento hamuru oluşur ve oluşan çimento hamuru agrega partiküllerinin yüzeyini kaplar ve partiküller arasındaki boşlukları kapatarak bağlayıcılık görevi görür. Agregaya ise betonun temel iskeletini oluşturan kum, çakıl, kırmataş gibi taneli mineral malzeme olarak tanımlanabilir (Altıntepe, 2004).

Agregalar betonun % 60-80’ini oluşturan taneli ve mineral kökenli malzemelerdir. Beton agregaları için en küçük boyut 0.06 mm’dir. 60 µm ile 2 µm arasındaki taneli malzemelere silt, 2 µm’den ince malzemeler ise kil olarak tanımlanır. Beton literatüründe kabaca 4.75 mm’den küçük ince taneli malzemeler kum olarak isimlendirilir (Arioğlu, Arioğlu ve Yılmaz, 1999).

Aşınma olayına karşı en dayanıklı mineral olmasından dolayı kumlarda en fazla kuvars bulunur (Arioğlu ve diğerleri, 1999).

Betonun mutlak hacminin yaklaşık olarak % 75’ini oluşturmakta olan agregalar, mineral kökenlidir ve 100 mm’ye kadar farklı tane büyüklüklerinde kırılmamış ya da kırılmış tanelerin yığını olarak tanımlanır. Agregaları kaynaklarına göre sınıflandırılacak olursak; doğal ve yapay olmak üzere iki, özgül ağırlık veya birim ağırlıklarına göre sınıflandırırsak; normal, hafif ve ağır agregalar olmak üzere üç, tane büyüklükleri sınıflandırmasına göre ise ince ve iri agrega olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Doğal

agregalar, denizlerden, nehirlerden, taş ocaklarından, göllerden ve teraslardan elde edilen kırılmış ya da kırılmamış yoğun yapıya sahip malzemeler olarak tanımlanabilir. Yüksek fırın cürufu gibi endüstri ürünü olan kırılmış ya da kırılmamış agregalar ise yapay agrega olarak tanımlanabilir. 2000 ile 3000 kg/m³ arasında yoğunluk değerine sahip agregalar normal agrega, yoğunluğu 2000 kg/m³ değerinden küçük agregalar ise hafif agrega, 3000 kg/m³'ten yüksek yoğunluğa sahip olan agregalar da ağır agrega olarak tanımlanır. TS 706 EN 12620+A1 Türk standardına göre, tane boyutu 4 mm'den düşük ve eşit olanlar ince agrega olarak, tane boyutu 4 mm'den yüksek olan agregalar da iri agrega olarak tanımlanmaktadır (TS 706 EN 12620+A1, 2009).

Kaliteli bir beton üretiminde agreganın etkisi büyük bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda kullanılacak agregalarda bulunması gerekli olan şartlar aşağıda sunulmuştur;

- Agreganın tane dağılımı (gradasyon) TS 706 EN 12620+A1 Türk standardının gerekliliklerini sağlamalıdır. Agreganın tane dağılımı boşluk oranı minimum olacak beton karışımı üretilmesine elverişli olmalıdır.
- Kullanılacak agregaların tane şekli kübik yapıda olmalıdır. Agregaların şekil bakımından kusurlu (yassı ya da uzun) taneler içermemesi gerekmektedir.
- Kullanılacak agregaların tane dayanımı istenilen özellikte bir betonun üretimi için uygun olmalıdır. Agregalar ayrıca sert, dayanıklı ve boşluksuz olmalıdır. Diğer yandan agregaların aşınmaya karşı da dayanımı yüksek olmalıdır. Agreganın tane dayanımı hakkında, agreganın elde edildiği, oluştuğu kayacın özellikleri, cinsi ve mevcut durumu petrografik açıdan araştırılarak yaklaşık bir değerlendirme yapılabilir. Taşın suya doygun durumdaki küp basınç dayanımı veya çapı yüksekliğine eşit silindirik basınç dayanımı 1000 kgf/cm² (98 N/mm²) değerinin üzerinde ise mekanik özellik ile ilgili başkaca incelemeye gerek yoktur. Basınç dayanımının 1000 kgf/cm²'den küçük olması halinde ve kuşku durumlarında ise tane dayanımı hakkında, Los Angeles agrega parçalanma direnci tayini deneyi (TS EN 1097-2) sonuçlarına bakılır. Ancak iri agrega olarak çakıl kullanılacak ise parçalanma direnci tayini deneyi tane dayanımı hakkında karar verilmesinde temel deney olarak uygulanmalıdır.
- Donma-çözünme etkisine sık bir şekilde maruz kalan betonlarda kullanılacak olan agregaların mutlaka donma-çözünme direnci yüksek olmalıdır. Soğuk iklimlerde

üretilen betonun donma etkisi ile yüzeyinin soyulmaması ve bir bütün olarak betonun parçalanmaması istenir. Betonun donma-çözünme direnci üzerinde agrega önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla don etkisine maruz kalacak betonlarda kullanılacak agreganın da don etkisine karşı dirençli olması istenmektedir. TS 706 EN 12620+A1 Türk standardına göre iri agrega olarak kırmataş agregası kullanıldığında agreganın su emme oranının ağırlıkça % 0.5'ten büyük olmaması istenmektedir. Bununla birlikte, TS EN 1367-1 Türk standardına göre, agreganın elde edildiği kayacın suya doymuş haldeki küp basınç dayanımının 1500 kgf/cm^2 ve daha yüksek bir değer olması halinde, agreganın dona dayanıklı olduğu kabul edilir (TS EN 1367-1, 2009; Özgan, 2010). TS EN 1367-1 Türk standardında dona dayanıklılık yöntemi olarak üç farklı deney açıklanmıştır. Birincisi dona dayanıklılığın şiddetli don etkisi altında belirlenmesi (suda donma), ikincisi dona dayanıklılığın orta şiddetteki don etkisi altında belirlenmesi (havada donma), üçüncüsü ise dona dayanıklılığın kimyasal yöntemle belirlenmesidir (sodyum sülfat ve magnezyum sülfat deneyi) (TS EN 1367-1, 2009).

- Kullanılacak agregalar mil, silt, kil ve toz gibi beton basınç dayanımını düşürecek ve aderansı negatif olarak etkileyecek zararlı maddeler asla içermemelidir.
- Kullanılacak agregalar organik kökenli maddeler ve hafif maddeler içermemelidir.
- Kullanılacak agregalar beton ve betonarmenin dayanıklılığını olumsuz olarak etkilememelidir. Kullanılacak agregalar sertleşmiş beton üzerinde zararlı bir hacim artışına ve dolayısıyla tahribata neden olabilen sülfatlar, donatı korozyonuna sebep olabilecek bazı tuzlar ve klorürler ihtiva etmemelidir.
- Kullanılacak agregalar betonda alkali silika reaksiyonuna sebep olabilecek aktif silisleri içermemelidir.

Agregalarda, betona ve betonarmeye zarar veren maddelerin tespiti ve sınır değerleri ile karşılaştırılabilmesi için yapılan deneyler; ince maddeler (yıkabilir maddeler), organik maddeler, hafif maddeler, alkali-agrega reaksiyonuna sebep olan maddeler deneyleri olarak belirtilebilir.

2.3. Meriç Nehri Kumu ve Meriç Nehrinin Genel Özellikleri

Meriç Nehri, Bulgaristan'ın 2400 m yükseklikteki Rila Dağları'nın kuzey yamaçlarından doğar ve Balkan Dağları'ndan gelen kolları da bünyesine katarak doğuya doğru akmaktadır (Topgül, 2019).

Meriç, Arda ve Tunca, üç akarsuyun birleştiği bölge, kentin mekansal olarak yoğunlaştığı yerdedir. Kentin gelişmesi de Tunca nehri kıyısından itibaren doğu istikametinde devam etmektedir (Topgül, 2019). Harita 2.1'de üç akarsuyun birleştiği bölge, kum ocağı ve kent merkezi gösterilmiştir.



Harita 2.1. Üç akarsuyun birleşimi, kum ocağı ve kent merkezi

Meriç, Arda ve Tunca nehirleri, sınırlarımız dışından mansaplanan, sınır aşan ve sınır oluşturan uluslararası statüde akarsularımızdır. Harita 2.2. de gösterildiği gibi, üç nehir Edirne Merkez İlçe sınırları içerisinde birleşerek ana kol olan Meriç olarak devam etmektedir. Kızıl nehir ve Ergene nehrini de bünyesine alan Meriç nehri, Türkiye-Yunanistan sınırını teşkil ederek Saros körfezinden Ege denizine dökülmektedir.



Harita 2.2. Meriç ve kolları (Sabancı, A., Malkaralı, S., 2016)

- **Meriç Nehri:** Bulgaristan toprakları içerisinde geçtikten sonra 12 km Bulgaristan-Yunanistan sınırını oluşturur. Türkiye-Bulgaristan-Yunanistan üç ülke sınırlarının kesişim noktası; Meriç nehri içerisinde oluşan yaklaşık 44 hektar büyüklüğündeki adanın orta noktasında bulunmaktadır. Meriç nehri üç ülke sınırı kesişim noktasından itibaren Edirne Merkez de Arda nehri ile birleşene kadar 16 km Türkiye-Yunanistan sınırını oluşturur. Arda nehri ile birleşmesinden sonra yaklaşık 12,5 km (12 660 m) Türkiye topraklarında akar ve tekrar Türkiye-Yunanistan sınırını oluşturarak Saros körfezinden ege denizine dökülür (Verilen rakamlar google haritalar üzerinden ölçülmüştür). Edirne kent merkezinde taşkın riskine etkisi açısından, Meriç nehrinin ana kollarından olan Tunca ve Arda nehirleri oldukça önem arz etmektedir. Sediment taşıma kapasitesinin yüksek olması, kum birikimi ve yatak doluluğuna olumsuz etkileri nedeniyle taşkın riskini artırması bakımından Arda nehri ayrı bir öneme sahiptir. Meriç nehri ülkemiz toprakları içerisine girmesiyle, dört ana kolu bünyesine katar. Menbansap yönüne göre sırasıyla Arda, Tunca, Kızıl Nehir ve Ergene nehri, Meriç nehrine katılan ana kollarıdır.
- **Arda Nehri:** Güney Bulgaristan'da 1455 m Rodop Dağları'ndan doğan Arda, 5200 km² havza alanına sahiptir. Bulgaristan ülke sınırları içerisinde 240 km,

Yunanistan ülke sınırları içerisinde 30 km yol kat eder (Maden, 2010). Arda Nehri, Bulgaristan ve Yunanistan topraklarını geçtikten sonra 800 m Türkiye-Yunanistan sınırını oluşturur ve Meriç nehrine sağ sahilinden katılır (Google haritalar üzerinden ölçülmüştür).

- **Tunca Nehri:** Bulgaristan Karadağ bölgesinde 1940 m yükseklikten doğan Tunca Bulgaristan içerisinde 350 km yol kateder. 12 km Türkiye - Bulgaristan sınırını oluşturur (Maden, 2010). Tunca nehri 36 km Türkiye topraklarında akarak Meriç nehrine sol sahilinden katılır (Verilen rakamlar google haritalar üzerinden ölçülmüştür).
- **Kızıl Nehir:** Yunanistan topraklarında doğar. Bir süre Yunanistan Bulgaristan sınırını oluşturur. Tekrar Yunanistan topraklarına giriş yapar ve Dimetoka kenti içerisinde geçtikten sonra Türkiye Yunanistan sınırını oluşturan Meriç nehrine sağ sahilinden katılır.
- **Ergene Nehri:** Tekirdağ ili, Saray ilçesi, Taşpınar tepesi çevresinde doğar. Ergene deresi olarak güneye doğru akar ve Çerkezköy ilçesinden gelen Çorlu deresi ile birleştikten sonra Ergene nehri olarak batıya doğru akmaktadır. Ergene Nehri, Edirne ili, Uzunköprü ilçesinin yaklaşık 40 km güneyinde Meriç nehrine katılır. Toplam uzunluğu 285 km olan Ergene nehrinin drenaj alanı 10 730 km² ve ortalama yıllık debisi 28 m³/sn'dir (Maden, 2010).

Erbay (2010), tarafından yapılan araştırmada, Meriç nehri 103 nolu istasyon ölçümlerine göre yılda taşınan 664 350 ton çökel varlığı belirlenmiştir. Çökelin %52,6'sı kum olduğu açılanmaktadır. Erbay (2010), tarafından yapılan çalışmada belirlenen, Meriç nehri ve kolları üzerindeki istasyonlardan geçen toplam su ve sediment akılarına ait tablo Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Meriç ve kollarındaki istasyonlardan geçen akı miktarları (Erbay, 2010)

İstasyon Adı	Debi (m ³ /s)	Su Akısı (km ³ /yıl)	Sediment Akısı (ton/yıl)	Kum %	Silt+Kil %
Meriç Nehri -103	162	5,11	664 350	52,6	47,4
Tunca Nehri -104, 113	16	0,50	87 544	30,1	69,9
Ergene Nehri 105,112	32	0,99	436 323	34,5	65,5
T O P L A M		6,60	1 188 217		

Nehrin kaynaktan itibaren akışı esnasında oluşan erozyon neticesinde aşınan ve nehir tarafından taşınıp biriken sediment eğimi azalan aşağı Meriç nehri bölgesinde nehir yatağını doldurmakta ve nehir yatağı taban seviyesini yükseltmektedir. Akarsu yatağı içinde biriken çökel miktarının artmasıyla nehir yatağı hızla dolmakta dolayısıyla taşkın riski ve zararları da buna bağlı olarak artmaktadır. Taşkın sorunu görülen havzalarda sediment miktarının düşürülmesi için erozyonun önlenmesi çok önem arz etmektedir. Erozyon sonucu oluşan çökelin birikmesinin temel nedeni, akarsuyun aşağı kesiminde eğimin azalmasıdır. Özellikle taşkın dönemlerinde biriken sediment nehir yatağını hızla doldurarak taşkın olasılığının yükselmesine sebep olmaktadır. Taşkından dolayı oluşan zararları minimuma indirebilmek için nehir yatağının düzenli bir şekilde temizlenmesi büyük bir önem taşımaktadır. Meriç nehri sınır oluşturan bir özelliğe sahiptir. Bu nedenle nehir boyunca periyodik, düzenli yatak ıslah çalışmalarının yapılamaması, taşkından kaynaklı zararların gitgide artmasına neden olmaktadır (Topgül, 2019).

Havza da yaşanmakta olan taşkınların nedenleri; fiziki nedenler, hidrolojik sorunlar ve Bulgaristan yönetiminin baraj işletme tercihleri olarak belirtilebilir. Meriç nehri üzerindeki barajlar ve nehrin havza alanının büyük bölümü Harita 2.3'te gösterildiği gibi Bulgaristan toprakları içerisinde kalmaktadır. Bu nedenle Türkiye ve Yunanistan, nehir ıslahı çalışmalarında, eli kolu bağlanmış durumdadır (Maden, 2010).



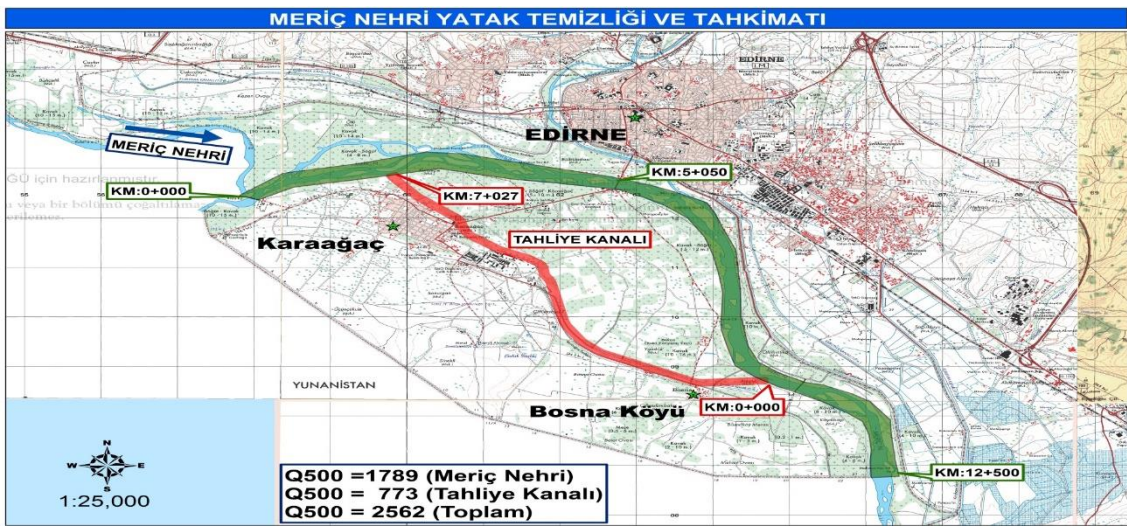
Harita 2.3. Arda, Meriç ve Tunca yağış havzaları (Sabancı, A., Malkaralı, S., 2016)

Meriç havza alanında yer alan topraklar genellikle kum, kil ve siltten oluşan pliosen ile kaplıdır. Yüzeysel akışlarının etkisiyle, havzadaki topraklar mil, silt ve kum olarak sürüklenerek sedimenti oluşturur. Bolu (2007) yaptığı çalışmada oluşan sedimentin üçte birinin kum olduğunu açıklamıştır. Kumun önemli büyüklükteki bölümü ise her iki yakası Türkiye topraklarımıza ait olan Edirne ili Karaağaç Mahallesi bölgesinde çökerek nehir yatağında kum adacıklarını meydana getirmektedir. Meydana gelen kum adacıkları; üzerinde mil birikmesi sonucunda, söğüt filizlenmeleriyle ormana dönüşür ve nehir yatağının pürüzlülük katsayısının arttırması sonucunda da kıyı erozyonuna sebep olmaktadır. Oluşan erozyonlar sebebiyle Meriç nehri kıyısındaki verimli tarım arazileri de heba olmaktadır. Bir yılda Meriç Havzasında 1,19 hm³ sediment taşınır (Bolu, 2007).

Meriç nehrinin genişliği 130-300 m arasında değişmekte olup, yatak eğimi ortalama 0,0003'tür. Etüt alanı ova özelliğindedir. Taşkınlar neticesinde taşınan kum, silt ve kilden oluşan sedimentin büyük bölümü nehir yatağı içerisinde ve çevresindeki ovalarda birirmektedir. Nehrin zemini; kıyıdan itibaren 1-2 m'lik kısmı çamur, 2-4 m'lik kısmı kum ve çamur, ileriki kısımları ise tamamen kumdur (Bolu, 2007).

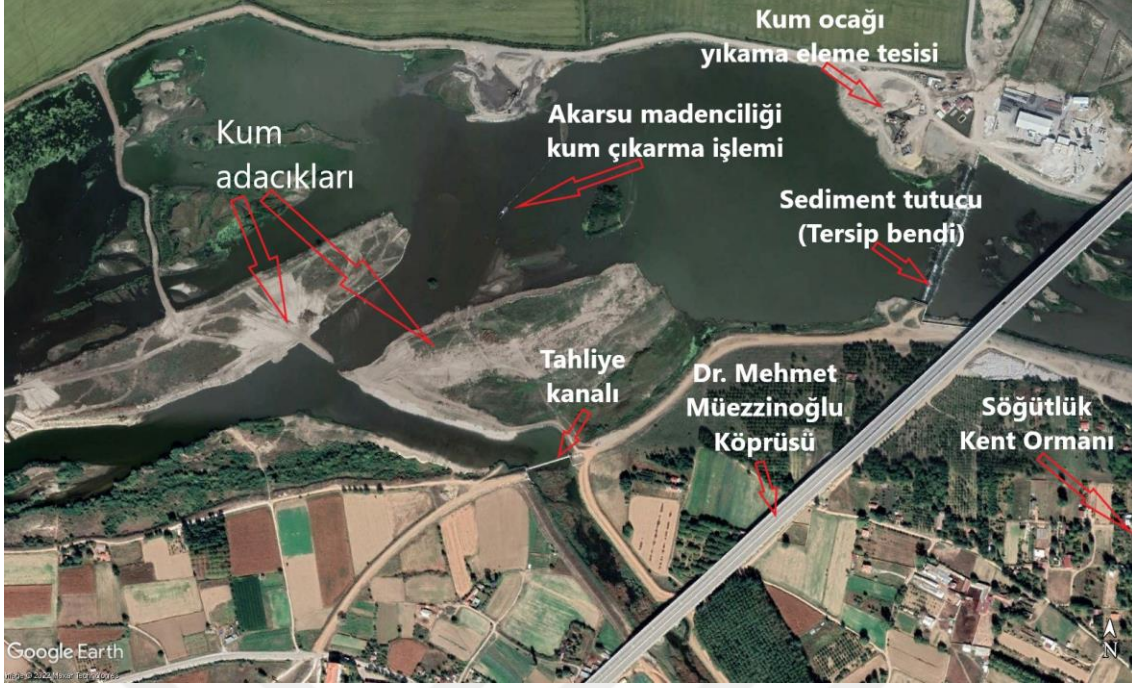
Özellikle Arda ve Meriç nehirlerinden kaynaklı sedimentin oluşturduğu kum adacıklarının temizliği ve yatak düzenlemesi, Devlet Su İşleri'nin taşkın önleme çalışmalarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Meriç Nehrinde bir yılda taşınan sediment miktarının yıllara göre değişim gösterse de ortalama 1 000 000 ton'a yakın olduğunu söyleyebiliriz. Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde, Meriç nehrinde taşınan sedimentin %50'ye yakınının kum olduğu söylenebilir. Bu kadar yoğun nehir

kumunun temizlenmesi için birçok proje geliştirilmiştir. Avrupa Birliği fonları ile gerçekleştirilen bir projede Meriç nehri yatağındaki kumlar alınarak nehrin şev tahkimatı olarak kullanılmış ancak zamanla nehir şevine bırakılan kum, suyun hareketine bağlı olarak tekrar nehre karışmıştır. Meriç nehir yatağı temizliği için çıkarılan kumların bir kısmı da depolanmış ve ihale yolu ile inşaat sektöründe kullanımı sağlanmıştır. DSİ tarafından taşkın önleme çalışmaları kapsamında 773 m³/sn kapasiteli tahliye kanalı (Harita 2.4) yapılmış, ana yatak üzerine de sediment tutucu (tersip bendi) inşa edilmiştir (Harita 2.5). Tersip bendi inşası ile kum birikiminin belirli bir bölgede tutulması hedeflenmiştir.



Harita 2.4. DSİ Meriç nehri yatak temizliği projesi (Sabancı, A., Malkaralı, S., 2016)

Ancak taşkın riskini azaltmak için yapılan 773 m³/sn kapasiteli tahliye kanalının mansap şartını tam olarak sağladığı söylenemez. Bu nedenle de taşkın önlemede kanalın nasıl bir işlev göreceği henüz bilinmemektedir.



Harita 2.5. Tersip bendi

Meriç kumu bir yandan taşkın önleme ve yatak temizliği bakımından bertaraf edilmek istenen bir malzeme iken, bir yandan inşaat sektörü için geniş bir kullanım alanına sahip, değerli ve tercih edilen bir yapı malzemesi durumundadır.

Meriç nehri kumu inşaat sektöründe altyapı imalatlarında dolgu malzemesi, beton üretimi, yapı kimyasalları, prefabrik yapı elemanları gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir. İnşaat sektörünün Meriç kumunu tercih sebeplerinin arasında ucuz olması, tarla kumlarında eleme yıkama işlemlerine rağmen nadiren de olsa görülebilen kil topakları vb. kirliliğin Meriç nehri kumunda görülmemesi söylenebilir. 2022 yılı içerisinde Edirne ilinde faaliyet gösteren beton santralleri araştırılmıştır ve listesi Çizelge 2.2’de verilmiştir. Yapılan araştırma ile Edirne Merkez ilçe sınırları içerisinde bulunan 5 hazır beton santralinin ince agrega olarak Meriç nehri kumu kullanmayı tercih ettikleri, yine Edirne’ye yakın Havsa ilçesinde bulunan ve hızlı tren projesi kapsamında beton üretimi yapan firmanın da Meriç nehri kumu kullandığı tespit edilmiştir. Diğer hazır beton santrallerinin ise genelde yakın mesafede bulunan tarla ocaklarından elde edilen doğal kumu kullandıkları görülmüştür.

Çizelge 2.2. Edirne ilinde faaliyet gösteren beton santralleri (Haziran 2022)

Sıra No	Hazır Beton Firmaları	Bulunduğu İlçe
1	Cantaş	Edirne Merkez
2	Çimbeton	Edirne Merkez
3	Serin Beton Edirne	Edirne Merkez
4	Taştan-2	Edirne Merkez
5	Kolin Beton Edirne - Hızlı Tren Projesi (Sadece proje kapsamında beton üretimi yapmaktadır)	Edirne Merkez
6	Köprü-Kavşak- Edirne Çevre Yolu Bağlantı Projesi (Sadece proje kapsamında beton üretimi yapmaktadır)	Edirne Merkez
7	Kolin Beton Havsa - Hızlı Tren Projesi (Sadece proje kapsamında beton üretimi yapmaktadır)	Havsa
8	Taştan-1	Havsa
9	Serin Beton Kırçasalih	Uzunköprü
10	Kefeliler Beton	Uzunköprü
11	Serin Beton Keşan	Keşan
12	Saros Beton	Keşan
13	Zofunlar Beton	Keşan
14	Beton-Sa	Keşan

Hazır beton santralleri araştırmasından da anlaşılacağı üzere; kumun ulaştırılacağı lokasyona olan mesafe arttıkça, Meriç kumu fiyat avantajını nakliye masraflarının artması nedeniyle kaybetmektedir Bir dönem Meriç kumunun, kamu marifetiyle demiryolu taşımacılığı kullanılarak inşaat sektörüne kazandırılması girişimlerinde bulunulsa da başarılı olunamamıştır. Belirli periyotlar ile DSİ tarafından kum adacıkları temizleme projeleri yapılmakta, çıkarılan kum, kamu inşaat faaliyetlerinde kullanılmakta veya piyasaya ihale yoluyla satılmaktadır. Bununla birlikte hali hazırda Meriç nehri sol kıyısında bulunan ticari bir işletme tarafından da akarsu madenciliği yapılarak kum çıkarılmakta ve bölgede, inşaat sektörünün ihtiyaçlarına sunulmaktadır. Akarsu madenciliği yapan ticari firmanın büyüme istekleri, eleme, yıkama tesislerini ve ayrıştırılan kumun depolanmasını Meriç nehri kıyısında taşkın sahası içerisinde

bulundurması, taşkın sahası içerisinde beton malzeme üretme girişimleri kentliler ile doğa ve yaşam savunucularının haklı tepkisine neden olmaktadır. Ayrıca plansız akarsu madenciliğinin nehir habitatını bozacağı endişesi de hidrobiyologlar tarafından dile getirilmektedir. Bununla birlikte tarlalardan elde edilen doğal kum için birçok tarım arazisinin kum ocağı olarak kullanılması da karşılaştırılması gereken bir çevre sorunudur. Meriç Nehrinde yapılan akarsu madenciliğine ait görüntü Resim 2.1’de verilmiştir. Tarla ocağında yapılan doğal kum madenciliği Resim 2.2’de verilmiştir.



Resim 2.1 Meriç Nehri kum çıkarma işlemi



Resim 2.2 Tarla ocağı kum çıkarma işlemi

2.4. Tez Konusu Hakkında Daha Önce Yapılan Araştırmalar

Araştırma konusu hakkında daha önce yapılmış çalışmalar tarihsel sıralama göz önünde bulundurularak aşağıda sunulmuştur;

Özyürek (1995) çalışmasında, Kırıkkale’de Kızılırmak nehrinden alınan agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve Kızılırmak nehrinden alınan agregalar kullanılarak üretilen betonlarda kullanılabilirliğini çalışmıştır. Beton numuneleri farklı dozajlarda ve agrega karışım oranlarında üretmiştir. Agrega deneyleri yapılarak agregaların Türk Standartlarına uygunluğunu denetlemiştir. Beton numuneler üzerinde sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirmiş ve agrega karışım oranlarının, su/çimento oranı ve kür uygulamasının, beton özelliklerine etkisinin önemli olduğunu belirlemiştir (Özyürek, 1995).

Erdoğan (1999), İstanbul ilinin Avrupa yakasındaki kentleşmenin yaygın olması sonucunda nitelikli ve kaliteli agrega üretimine uygun malzeme yataklarının ve alanlarının yerleşim alanları içinde bulunduğunu ifade etmiştir. Dolayısıyla gerekli olan ihtiyacı karşılamak üzere İstanbul’un uzağında yer alan potansiyel alanlar da

değerlendirilmeye başlanmıştır. Kırklareli masifinin batı uzantısı bu manada büyük bir önem kazanmıştır. Kırklareli masifinin güneydoğu eteğinde yer alan ve Saray çevresinde görülen paleozoyik yaşlı Koruköy formasyonu içinde kalan vambibolit şistler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar testlerine yer vermiş ve sonuçları agrega standartları bakımından tartışmıştır. Bunun yanında farklı kırıcılardan geçirilerek meydana gelen agrega geometrisi üzerinde kırıcı türünün etkisi de ele alınarak incelemiştir. Araştırma verileri değerlendirilecek olursa amfibolit şistlerinin agrega üretimine gayet uygun olduğu ve en uygun tane geometrisinin konik kırıcıdan elde edilebileceği sonucuna varmıştır (Erdoğan, 1999).

Uz (1999), bazalt agregasının kırmataş halinin bina ve yol yapılarında kullanılmasının betonun kalitesi ve dayanımını artırdığını; örneğin, basınç dayanımını 2000-2500 kg/cm² yükselttiğini vurgulamıştır. Trakya-Tekirdağ bölgesinde bulunan bazaltların kırmataş malzemesi olarak değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen araştırmada, yapılan jeolojik, petrografik, kimyasal ve teknolojik deney sonuçları ele alındığında; birim hacim ağırlık değerlerinin 2.85-3.00 gr/cm³, boşluk ve su emme oranlarının % 0.1-0.2 civarında, basınç dayanımı değerinin ise ortalama 1250 kg/cm²'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Araştırma çevresinde bulunan ocaklardan elde edilen bazalt-kırmataşlarının kaliteli olduğu ve beton üretiminde kullanımının çok uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Sivritepe bazaltlarının ise yaklaşık 20 milyon m³ görünür jeolojik rezervle çevre için önemli bir kaynak olduğunu da ayrıca belirtmiştir (Uz, 1999).

Çavuşoğlu (2005) çalışmasında Harşit çayından elde edilen ve Kuşkayası kırma-eleme tesisinde (Tirebolu-Giresun) üretilen kırılmış dere malzemesinin beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Deneysel çalışmasında 0-9 mm, 9-15 mm ve 15-25 mm boyutlarındaki Harşit çayı agregaları ile beton numuneler üretmiştir. 1m³ için 300, 350 ve 400 kg dozajlarda, 0,45-0,55-0,65 su/çimento oranlarında beton numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarını çalışmıştır. Araştırmada, agrega deneyleri ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirmiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda Harşit çayından temin edilen agregaların beton üretiminde kullanılabileceğini açıklamıştır (Çavuşoğlu, 2005).

Yıldırım (2005) araştırmasında Sivas'ın Yıldızeli ilçesi doğusunda bulunan Yıldız nehri çökellerinin beton agregası olarak kullanılabilirliklerini çalışmıştır. Yıldız nehrinden alınan numuneler üzerinde agrega deneyleri gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda nehirden alınan çökellerin TS 707'ye göre dona karşı dayanım değerlerinin, sınır

değerlerin dışında kaldığını tespit etmiştir. Söz konusu nehirden alınan malzemelerin bölgenin iklimi göz önüne alındığında dona karşı dayanım değerlerinin düşük olmasının sorun yaratacağı ve bu sorunun çözümüne yönelik bazı önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varmıştır (TS 707:1980 yerine geçen standart TS 706 EN 12620+A1 :2009; Yıldırım, 2005).

Bolu (2007), kentsel alan içerisinde kalan akarsuların ekolojik özelliklerinin, kentin gelişme sürecinde dikkate alınmasının sürdürülebilirlik bağlamında büyük bir önem taşıdığına vurgu yapmıştır. Gerçekleştirdiği çalışmada Meriç nehrinin kentsel kullanım sonucunda doğasındaki meydana gelen değişimler ortaya koymuş ve ekolojisinin sürdürülebilirliğine yönelik öneriler geliştirilerek öneri kullanım paftası da ayrıca oluşturmuştur (Bolu, 2007).

Kula (2008), Edirne ilindeki bazı agrega ve taşocaklarından sağlanan malzemelerin beton ve beton-asfalt malzemeleri olarak kullanım potansiyelini araştırmıştır. Ocaklardan elde edilen örnekler kullanılarak standartların öngördüğü malzemelerin uygunluk kriterleri kapsamlı olarak araştırmıştır. Bu örneklerle üretimi söz konusu olan beton ve yol yapım malzemelerinin dayanım ve dayanıklılığını doğrudan etkileyen agregaların mevcut olan ocaklar için mühendislik özelliklerini detaylı bir şekilde belirlemiştir. Kula (2008) gerçekleştirdiği deneysel çalışmaların sonuçlarını kıyasladığında malzemelerin genelde tane büyüklüğü dağılımları ile incelik modülü değerlerinin beton yapımı için uygun olduğu sonucuna varmıştır. Beton üretiminde su/çimento oranlarının kontrol altında tutulması gerektiği sonucuna da varmıştır. Ayrıca Edirne ilindeki agrega ve taşocakları malzemelerinin, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiş ve buna göre beton-asfalt üretiminde de agrega kullanımının uygun olduğu sonucuna varmıştır. Tez süreci esnasında araştırılması yapılamayan ve betonun dayanıklılığını büyük oranda etkileyen alkali-agrega reaksiyonu hususunda detaylı araştırmaların yapılması, diğer yandan doğal agrega ile taşocakları malzemelerinin kimyasal analizlerinin de dikkate alınması gerektiğini önemle vurgulamıştır (Kula, 2008).

Doğan (2008), Tekirdağ Yöresi Agregası Malzemesinin Beton Üretiminde Kullanım Potansiyelini araştırmıştır. Çalışmasında Tekirdağ yöresinde yer alan hazır beton santrallerinin kullandığı 5 farklı agrega ocağından agrega örnekleri alınmış olup, bu örneklerle ait agrega uygunluk deneyleri gerçekleştirilmiş, agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiş ve 5 farklı agrega ocağının agregaları birbirileri ile kıyaslanmıştır.

Bu agrega ocaklarından sağlanan agregalar ile beton üretimi gerçekleştirilirken; su/çimento sabit (0.60) alınmış olup, 300, 400 ve 500 çimento dozajı kullanımlarında elde edilen beton numunelerin basınç dayanım sonuçlarını karşılaştırmıştır. Gerçekleştirilen agrega ve beton test sonuçlarına göre beton üretimi için en uygun değerlerin Karatepe Bazalt agregası kullanımına ait olduğu, yine test sonuçlarına göre diğer agregaların beton üretimindeki uygunluğunun sırasıyla Kapaklı Dolomit agregası, Beşiktepe Bazalt agregası, Saray ve Kılıç Kalker agregası olduğu sonucu da belirlenmiştir. Ancak yüksek dayanımlı beton üretiminde bu agregaların yanında katkı maddeleri kullanılması gerektiğine de vurgu yapılmıştır (Doğan, 2008).

Özgan (2010) çalışmasında, Düzce yöresindeki agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile beton üretiminde kullanılabilirliklerini araştırmıştır. Asar Deresi, Küçük Melen Deresi, Aksu Deresi, Hasanoğlan Barajı ve Kurtsuyu mevki ocaklarından temin ettikleri agregalar üzerinde agrega deneylerini gerçekleştirmiştir. Her agrega ocağında temin edilen agregalar ile aynı karışım dizaynlarında beton numuneler üretmiş ve numuneler üzerinde sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda, kullanılan agregaların kırma taş agregalara oranla daha iyi mühendislik özelliklerine sahip olduğu, Aksu Deresindeki agregalarla üretilen betonların en iyi mekanik özelliklere sahip olduğu ve Düzce yöresi agregalarının beton üretimine uygun olduğunu açıklamıştır (Özgan, 2010).

Maden (2010), AB Su Çerçeve Direktifi'nin Meriç Nehri Havzası'nda uygulanmasını, bunun koşullarını, engellerini ve sorunlarını kapsamlı bir biçimde ele almıştır. Sınır aşan su havzalarında işbirliği konusu, uluslararası ilişkiler teorileri arasında yer alan realizm ve neoliberal kurumsalcılık ile değerlendirilmiş olup ayrıca Meriç Nehri Havzası'nda işbirliği yapılmamış olmasının nedenlerinin Bulgaristan, Türkiye ve Yunanistan için olası etkilerinin saptanması ile Meriç Nehri Havzası'nın bugünü ve geleceği realizm ve neoliberal kurumsalcılık teorileri çerçevesinde ele alınarak tartışmıştır (Maden, 2010).

Kolay ve Başer (2012) çalışmalarında, Delice ırmak havzasında bulunan ocaklardan temin edilen agregaların özelliklerini incelemiştir. Delice nehri havzasından temin edilen agregalar üzerinde, agrega deneylerini gerçekleştirmiştir. İri agregaların dondan sonraki kayıpları sınır değer üzerinde kaldığı, birim hacim ağırlık, parçalanma direnci ve alkali slika reaksiyonu bakımından agrega değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde bulunduğunu tespit etmişlerdir (Kolay ve Başer, 2012).

Korkanç ve Tuğrul (2017), Niğde bölgesinde kullanılan agrega kaynaklarının, agrega özellikleri ile bu kaynaklarda karşılaşılan sorunların belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışmaların da Kızılırmak kumu, Kırüstü çökelleri ve Kırkgeçit deresi çökelleri ile Başmakçı kireçtaşı ve Melendiz volkanitlerinin içerisinde gözlenen andezitik ve bazaltik kökenli lavları tercih etmiştir. Çökellerden elde edilen agregaları kendi içinde birer grup olacak şekilde tanımlamış olup, Başmakçı kireçtaşı ile volkanik kökenli olan agregaları ise beraber incelemiştir. Yaptıkları araştırma sonucunda; bazaltik kökenli kayalardan elde edilen agregalara ait verilerin, çökellerden elde edilen agregalara ait verilerden oldukça yüksek dayanım değerleri sunduklarını açıklamıştır. Özellikle Melendiz volkanitlerine ait düşük poroziteli, az mikroçatlaklı, sert ve yüksek dayanımlı örneklerin birçok alanda kullanılmasının uygun olduğunu, ancak, Kızılırmak kumları ile Melendiz volkanitlerine ait, SiO₂ içeriği örneklerin alkali-silis reaksiyonu yönünden riskli olmaları nedeniyle, asfalt agregası, dolgu ve demiryolu balast malzemesi olarak kullanılmasını önermiştir (Korkanç ve Tuğrul, 2017).

Topgül (2019), yaptığı çalışmasında, sınır aşan ve sınır oluşturan bir özelliğe sahip Meriç Nehri'nin Türkiye topraklarına giriş yaptığı Kapıkule ve Saros Körfezi'nden denize döküldüğü deltasına kadar olan bölümdeki hidrografik özelliklerinin taşkınlarla olan ilişkisini ele alarak araştırmıştır. Gittikçe artan taşkın problemine vurgu yapıldığı araştırmada, taşkınların sebepleri ve sonuçları ile alınan önlemleri, başarı ve başarısızlıkları da gözden geçirilerek, günümüz şartlarındaki etkilerini ortaya koymuştur (Topgül, 2019).



3. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Malzemeler

3.1.1. Su

Deneysel çalışmalar kapsamında, tüm beton üretimlerinde Kırklareli Üniversitesi Kayalı Yerleşkesi şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.2. Çimento

Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan beton karışımlarının üretimlerinde çimento olarak Çimentoş Trakya fabrikasının CEM I 42,5 R portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentoş Trakya fabrikası, Edirne Lalapaşa karayolunun yaklaşık 15'inci km'sinde Edirne Lalapaşa ilçesine bağlı Sinanköy sapağında bulunmaktadır. Fabrikaya ait hava görüntüsü Resim 3.1'de verilmiştir. Çimentoş Trakya fabrikasının koordinatları: 41°47'50.11"N, 26°42'14.03"E (WGS84) olarak tespit edilmiştir.



Resim 3.1. Çimentoş Trakya Fabrikası

Kullanılan çimento, bidonlar içerisinde 60 kg dökme olarak fabrika tarafından bedelsiz verilmiştir. Kullanılan CEM I 42,5 R portland çimentosuna ait fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Çimentaş Trakya fabrikasının bildirmiş olduğu analiz raporundan alınmıştır (Çimentaş Trakya Fabrikası CEM I 42,5 R Analiz Raporu, 05.04.2021). Beton üretiminde kullanılan CEM I 42,5 R portland çimentosuna ait görüntü Resim 3.2’de verilmiştir. CEM I 42,5 R portland çimentosunun mekanik test sonuçları Çizelge 3.1’de, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.2’de ve fiziksel analiz sonuçları ise Çizelge 3.3’te sunulmuştur. Çimentaş Trakya fabrikasının bildirmiş olduğu analiz raporunda, kullanılan çimentonun analiz ve testlerinin TS EN 197-1 Türk Standardına göre değerlendirildiği açıklanmıştır (TS EN 197-1, 2012).



Resim 3.2. CEM I 42,5 R portland çimentosu

Çizelge 3.1. Portland çimentosu mekanik testler

Gün	Standart Değer	Basınç Dayanımı, MPa
1		
2	min. 20,0	36,8
7		48,0
28	42,5 – 62,5	57,5

Çizelge 3.2. Portland çimentosunun kimyasal analizleri (%)

Özellik	Standart	Analiz Sonucu
SiO ₂		18,57
Al ₂ O ₃		4,62
Fe ₂ O ₃		2,89
CaO		63,34
MgO		1,40
S ₀₃	max. 4,00	3,49
Na ₂ O		0,52
K ₂ O		0,53
Toplam Alkali		0,87
Cl-	max. 0,1000	0,0279
Cr+6 ppm	-	
TiO ₂		
Mn ₂ O ₃		
Kızdırma Kaybı	max. 5,00	3,66
Çözünmeyen Kalıntı	max. 5,00	0,42
Katkı Miktarı		4,91
(CaO + MgO) / SiO ₂		
CaO + MgO + SiO ₂		
Rutubet		

Çizelge 3.3. Portland çimentosunun fiziksel analizleri

Özellik	Birim	Standart Değer	Analiz Sonucu
Özgül Ağırlık	gr/cm ³		3,07
Su İhtiyacı	%		29,6
Priz Süresi	Başlangıç	Dakika	min. 60
	Sonu	Dakika	
Şatölye	mm	max. 10,0	1,0
İncelik	Özgül Yüzey	cm ² /gr	
	Elek Üstü 32 µ	%	
Hidratasyon Isısı	cal/gr		

3.1.3. Agrega

Çalışma kapsamında, beton karışımlarında; iri agrega olarak Cantaş taş ocağından elde edilen kırmataş agregalar kullanılmıştır. İnce agrega olarak; Cantaş taş ocağından temin edilen taş tozu ve kum olarak ise Meriç kumu, Elçili kumu, Tatarköy kumu ile Tatman kumu olmak üzere dört farklı kum ocağından temin edilen malzemeler kullanılmıştır.

3.1.3.1. Cantaş taş ocağı

Taş tozu (0-5 mm), Kırmataş I (5-12 mm) ve Kırmataş II (12-22 mm) agregaları, Cantaş taş ocağından temin edilmiştir (Resim 3.3).



Resim 3.3. Taş tozu, Kırmataş I ve Kırmataş II agregaları

Cantaş taş ocağı Edirne Lalapaşa ilçesine bağlı Vaysal köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Edirne kent merkezine mesafesi yaklaşık 46 km'dir. Resim 3.4'te taş ocağının hava görüntüsü verilmiştir. Cantaş taş ocağının koordinatları: 41°56'56.97"N, 26°50'48.24"E (WGS84) olarak tespit edilmiştir.



Resim 3.4. Cantaş taş ocağı

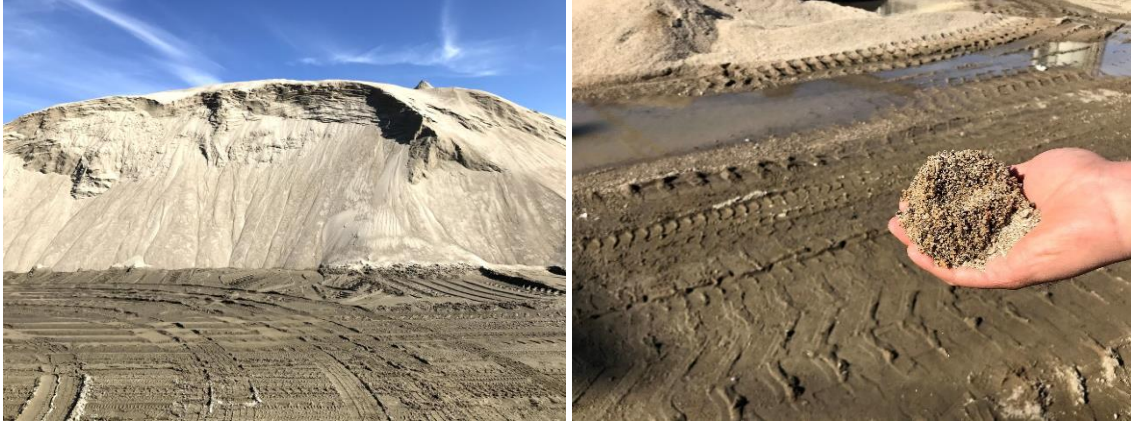
3.1.3.2. Meriç kumu

Edirne-Meriç doğal kumu, Meriç nehrinin ülkemiz topraklarında akmaya başladığı yaklaşık 2,5 km ilerisinde nehrin sol sahilinde faaliyetlerini sürdüren özel ticari işletmeye ait kum ocağından temin edilmiştir. Ticari işletme tarafından akarsu madenciliği yapılarak nehir içerisinden çıkarılmaktadır. Edirne kent merkezine yaklaşık 3 km mesafededir. Meriç Kum Ocağı tesis ve malzemelerine ait görüntüler Resim 3.5'te verilmiştir. Kum ocağının koordinatları: 41°40'12.07"N, 26°31'23.76"E (WGS84) olarak tespit edilmiştir.



Resim 3.5. Meriç kum ocağı tesis ve malzeme görüntüleri

Edirne-Meriç kumunun genel rengi bej tonlarındadır. Bileşen taneleri farklı renklerdedir ve başlıca; renksiz/mat, bej, gri, beyaz renkli kısmen de kahve ve siyah renkli tanelerden oluşur. Bileşen tanelerinin büyük bölümü kuvars kökenlidir. Kuvars kökenli elemanlar çoğunlukla renksiz, kısmen de bej ve gri renkli tanelerdir. Meriç kumu genel görünümü Resim 3.6'da sunulmuştur.



Resim 3.6. Meriç kumu genel görünümü

3.1.3.3. Elçili kumu

Elçili doğal kumu, Edirne Merkez İlçesine bağlı Elçili Köyü çevresinde özel ticari işletme tarafından işletilen kum ocağından temin edilmiştir. Edirne kent merkezine yaklaşık 31 km mesafededir. Ocağın kum çıkarma alanı ve eleme yıkama tesisleri aynı saha içerisinde yer almaktadır. Resim 3.7’de Elçili kum ocağı tesis ve çıkarılan malzemeler gösterilmiştir. Elçili kum ocağı $41^{\circ}27'15.54''N$, $26^{\circ}37'50.53''E$ (WGS84) koordinatlarında bulunmaktadır.



Resim 3.7. Elçili kum ocağı tesis ve malzeme görüntüleri

3.1.3.4. Tatarköy kumu

Tatarköy doğal kumu, Edirne Merkez İlçesine bağlı Üyüklütatar Köyü ile Doyran Köyü yolu üzerinde bulunan kum ocağından özel şirket tarafından çıkarılmaktadır. Edirne kent merkezine yaklaşık 21 km mesafededir. Kum numunelerinin de alındığı şirkete ait eleme yıkama tesisleri ayrı bir lokasyondadır. Resim 3.8’de Tatarköy kum ocağı ve çıkarılan malzemeler gösterilmiştir. Tatarköy kum ocağı $41^{\circ}31'18.2''N$, $26^{\circ}36'19.9''E$ (WGS84) koordinatlarında yer almaktadır.



Resim 3.8. Tatarköy kum ocağı ve malzeme görüntüleri

3.1.3.5. Tatman kumu

Tatman doğal kumu, Edirne kent merkezinde mahalle sınırları içerisinde yer almaktadır. Edirne kent merkezine yaklaşık 3,0 km mesafededir. Özel şirket tarafından işletilmektedir. Çalışmada kullanılan Tatman kumu, eleme yıkama tesisinden temin edilmiştir. Tatman Kum Ocağı tesis ve malzemelerine ait görüntüler Resim 3.9’da verilmiştir. Tatman kumu, eleme yıkama tesisleri $41^{\circ}40'12.07''N$, $26^{\circ}31'23.76''E$ (WGS84) koordinatlarında bulunmaktadır.



Resim 3.9. Tatman kum ocağı ve malzeme görüntüleri

3.2. Deneysel Yöntem

3.2.1. Agregada deneyleri

Çalışma kapsamında kullanılan agregalara ait agregada deneyleri DSİ 11. Bölge Müdürlüğü Edirne Kalite Kontrol ve Lab. Şube Müdürlüğü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarında agregada karışımları üzerinde; elek analizi, Los Angeles aşınma kaybı, özgül ağırlık, su emme oranı, ince malzeme miktarı tayini ve metilen mavisi deneyleri yapılmıştır. Elek analizi tayini (iri-ince agregada) ASTM C 136 Amerikan Standardına göre, Los Angeles parçalanma direnci tayini deneyi ASTM C131 Amerikan Standardına göre, iri agregada özgül ağırlık ve su emme oranı tayini ASTM C 127 Amerikan Standardına göre, ince agregada özgül ağırlık ve su emme oranı tayini ASTM C 128 Amerikan Standardına göre, mineral agregada yıkama yolu ile 0,075 mm (No 200) elekten geçen ince malzeme miktarı tayini ASTM C 117 Amerikan Standardına göre ve metilen mavisi deneyi de TS EN 933-9 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (ASTM C 136, 2015; ASTM C 131, 2010; ASTM C 127, 2016; ASTM C 128, 2023; ASTM C 117, 2020; TS EN 933-9, 2022).

3.2.2. Taze ve sertleşmiş beton deneyleri

Taze ve sertleşmiş beton deneyleri Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen taze beton karışımlarında TS EN 12350-2 Türk Standardına göre slump (çökme) testi gerçekleştirilmiştir (TS EN 12350-2, 2019). Üretilen beton numuneleri kür havuzu içerisinde bekletilmiştir. Deney programına göre her bir beton karışımı için 3 adet 7 günlük, 4 adet 28 günlük 15 cm ebatlı küp numune dökümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her bir beton karışımı için 3 adet 10x10x50 cm ebatlı kiriş numune de üretilmiştir. Numuneler üzerinde birim hacim ağırlık tayini, su emme tayini, basınç dayanımı tayini, eğilmede çekme dayanımı tayini ve ultrasonik dalga geçiş hızı tayini deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sertleşmiş beton deneyleri; birim ağırlık tayini (TS EN 1936, 2010) standardına, su emme tayini (TS EN 13755, 2014) standardına, basınç dayanımının tayini (TS EN 12390-3, 2019) standardına göre, eğilmede çekme dayanımı tayini (TS EN 12390-5, 2019) standardına, ultrasonik dalga geçiş hızı tayini (TS EN 14579, 2006) standardına uygun olarak yapılmıştır (TS EN 1936, 2010; TS EN 13755, 2014; TS EN 12390-3, 2019; TS EN 12390-5, 2019; TS EN 14579, 2006). Deney programında test edilen numune sayıları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Deney programında test edilen numune sayıları

Karışım Kodu	7 Günlük 15 cm Ebatlı Küp Numune (Adet)	28 Günlük 15 cm Ebatlı Küp Numune (Adet)	28 Günlük 10x10x50 cm Kiriş Numune (Adet)
K1-Elçili-0,54	3	4	3
K2-Tatarköy-0,54	3	4	3
K3-Meriç-0,54	3	4	3
K4-Tatman-0,54	3	4	3
K1-Elçili-0,58	3	4	3
K2-Tatarköy-0,58	3	4	3
K3-Meriç-0,58	3	4	3
K4-Tatman-0,58	3	4	3

3.2.3. Beton karışımları

Betonların üretimi sürecinde laboratuvar tipi beton mikseri kullanılmıştır. Her bir beton karışımının hazırlanmasında aynı prosedür uygulanmıştır. Beton karışımının katı bileşenleri su eklenmeden önce 2 dakika kadar mikserde karıştırılmış ve sonrasında su eklenerek karışım mikserde 5 dakika daha karıştırılmıştır. Her bir karışımında taze beton 15 cm ebatlı küp kalıplara ve 10x10x50 cm ebatlı kalıplara doldurulmuştur. Karışımlarda kullanılan mikser ve dökümü yapılan numuneler Resim 3.10'da görülmektedir.



Resim 3.10. Karışımlarda kullanılan mikser ve dökümü yapılan numuneler

3.2.4. Beton karışımlarının özellikleri

Beton tasarımlarında, Edirne ilindeki Meriç nehri kumu ile 3 farklı tarla ocağından alınan doğal kumlar (Elçili, Tatarköy ve Tatman) kullanılmıştır. Karışımlarda çimento dozajı sabit olmak üzere 350 kg/m^3 olarak esas alınmıştır. Taş tozu ve kırmataş agregaları (kırmataş I ve kırmataş II) Cantaş taş ocağından alınmıştır. 4 farklı doğal kumun kullanıldığı tüm beton tasarımlarında su/çimento oranı 0,54 ve 0,58 olarak toplamda 8 farklı karışım hazırlanmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları Çizelge 3.5'te sunulmuştur. Çimento özgül ağırlığı analiz raporundan (Çimentaş Trakya Fabrikası CEM I 42,5 R Analiz Raporu, 05.04.2021), diğer malzemelerin özgül ağırlıkları agrega deney sonuçlarından alınmıştır.

Çizelge 3.5. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları

	çimento	kırmataş I	kırmataş II	taş tozu	Elçili kumu	Tatarköy kumu	Meriç kumu	Tatman kumu
Özgül ağırlık	3,07	2,82	2,82	2,79	2,58	2,58	2,58	2,57

Beton karışımlarında kullanılan bileşen miktarları 1 m^3 için Çizelge 3.6'da görülmektedir.

Çizelge 3.6. Beton karışımlarında kullanılan bileşen miktarları (1 m^3 için)

Karışım Kodu	Su / Çimento oranı	kg									Hava %	Birim Ağırlık (kg/m^3)
		Su	Çimento	Kırmataş II	Kırmataş I	Taş Tozu	Elçili Kumu	Tatarköy Kumu	Meriç Kumu	Tatman Kumu		
K1-Elçili-0,54	0,54	189	350	562	562	281	468	-	-	-	1,5	2412
K2-Tatarköy-0,54	0,54	189	350	562	562	281	-	468	-	-	1,5	2412
K3-Meriç-0,54	0,54	189	350	562	562	281	-	-	468	-	1,5	2412
K4-Tatman-0,54	0,54	189	350	562	562	281	-	-	-	468	1,5	2412
K5-Elçili-0,58	0,58	203	350	551	551	275	459	-	-	-	1,5	2389
K6-Tatarköy-0,58	0,58	203	350	551	551	275	-	459	-	-	1,5	2389
K7-Meriç-0,58	0,58	203	350	551	551	275	-	-	459	-	1,5	2389
K8-Tatman-0,58	0,58	203	350	551	551	275	-	-	-	459	1,5	2389

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Agregaya Deney Sonuçları

4.1.1. Elek analizi

Agreganın tane boyutu dağılımının bulunması amacıyla yapılır. Elek analizi sonucunda elde edilen gradasyon sınıflandırmada, gradasyonun şartnameye uygunluğunun kontrolünde ve agregaya karışım oranlarının hesabında kullanılır. Agregaya yığındaki taneler çeşitli boyutlarda olmaktadır. Granülometri elek analizi olarak da bilinmektedir. Bu deney bir agregaya yığınının tane büyüklüklerine göre dizilişini ortaya koymak için gerçekleştirilir. Granülometri betonun kompozite değerini, yoğurma suyu miktarını, dayanım ve dayanıklılık özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Agregaya elek analizi deneyinde ilk olarak deney kısmı bir kaba yerleştirilir. Üzeri örtülünceye kadar yeterli miktarda su ilave edilir. Topakların ayrılması için agregaya su altında 24 saat bırakılır. 24 saat suda bırakılan malzeme sudan çıkartılır ve kurumaya beklenir. 63 mikrometre elekten eleme yapılır ve elek üzerinde kalan malzeme 24 saat 105 °C’de kurutulur. 24 saat 105 °C’de etüvde bekletilen malzeme etüvden çıkartılır ve tartılır. Tüm malzeme elek takımına dökülür ve elek üzerinde kalan malzeme ağırlıkları terazide tartılır. Agregaya elek analizi deneyi prosedürü TS EN 933-1 Türk Standardında yer almaktadır (TS EN 933-1, 2012).

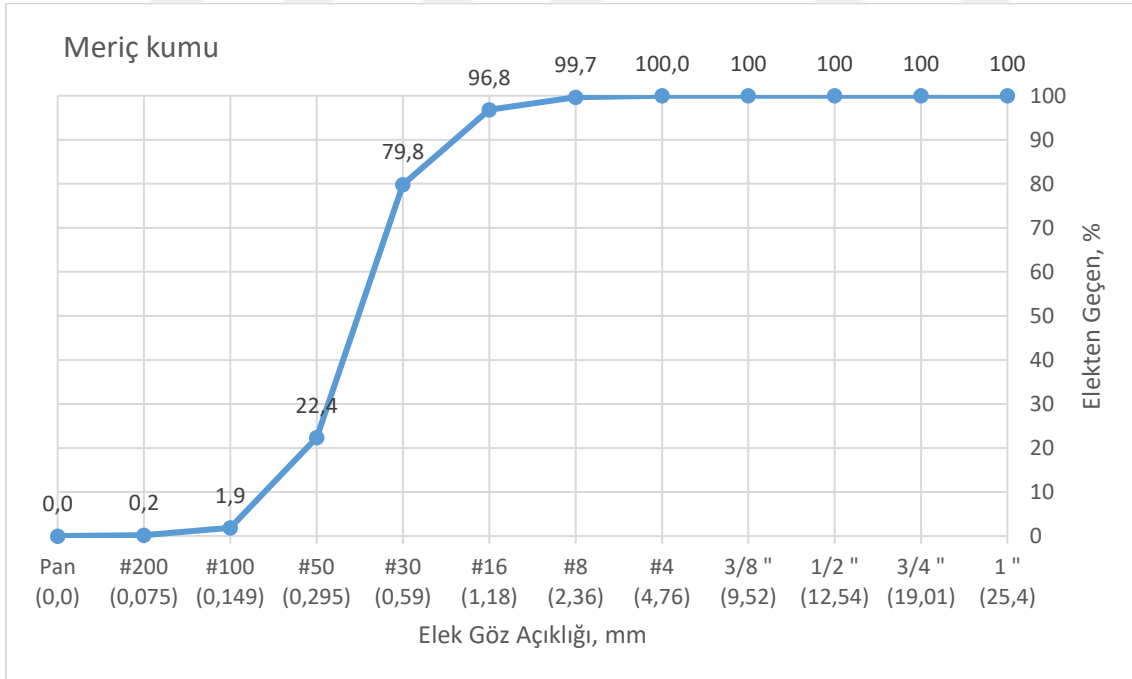
Agregaya karışımlarının elek analizi tayini sonucunda elekten geçen % değerleri Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Elek analizi sonucunda ince agregaların, incelik modülü (FM), belirlenmiştir. İncelik modülü her bir elek üzerinde kalan agregaların kümülatif yüzdeleri toplamı olarak, yüzde cinsinden hesaplanır. İncelik modülünün nasıl hesaplanacağı denklem 4.1’de verilmiştir. TS 706 EN 12620+A1 (2009) Türk Standardı Ek B sayfasında ince agregaların irilik/incelik tarifi ile ilgili yol gösterici bilgiler, incelik modülünün nasıl hesaplanacağı ve hesaplama denklemi verilmiştir. Türk Standardında incelik modülü ile ilgili bir sınır değeri bulunmamaktadır. Çavuşoğlu (2005) yaptığı çalışmada, ince agregalar için uygun incelik modülü limit değerlerini 2-3,5 arası olarak açıklamıştır.

$$FM \equiv \frac{\Sigma(\% \text{ Elekte Kalan})}{100} \quad (4.1)$$

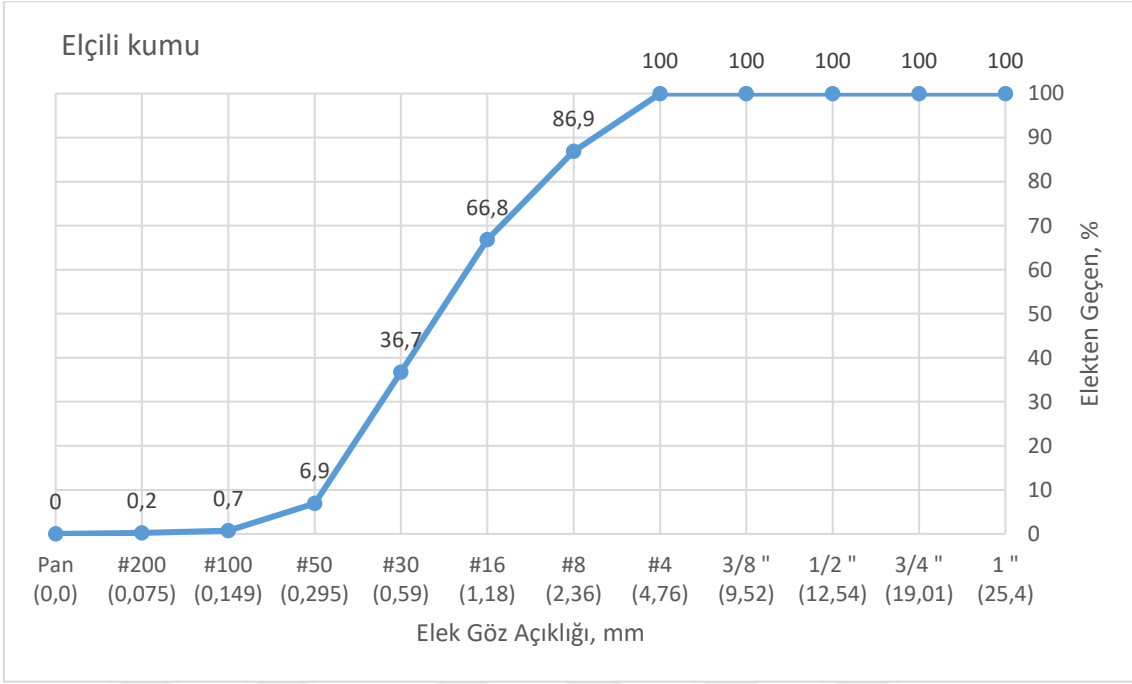
Çizelge 4.1. Agrega deneyleri-toplamalı elekten geçen, %

ELEK ANALİZİ (Elekten Geçen, %)							
Elek Göz Açıklığı	Meriç kumu FM: 1,99	Elçili kumu FM: 3,02	Tatman kumu FM: 2,76	Tatarköy kumu FM: 2,82	Taş Tozu FM: 3,54	Kırmataş 2 Numara	Kırmataş 1 Numara
1 " (25,4)	100	100	100	100	100	100	100
3/4 " (19,01)	100	100	100	100	100	94,1	100
1/2 " (12,54)	100	100	100	100	100	33,2	100
3/8 " (9,52)	100	100	100	100	100	3,1	90,4
#4 (4,76)	100	100	98,7	100	100	0,9	24,2
#8 (2,36)	99,7	86,9	90,5	91,4	64,0	0	0
#16 (1,18)	96,8	66,8	78,2	72,8	36,8	0	0
#30 (0,59)	79,8	36,7	46,1	42,2	22,1	0	0
#50 (0,295)	22,4	6,9	9,7	10,6	14,4	0	0
#100 (0,149)	1,9	0,7	0,9	1,0	8,3	0	0
#200 (0,075)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0	0
Pan (0,0)	0	0	0	0	0	0	0

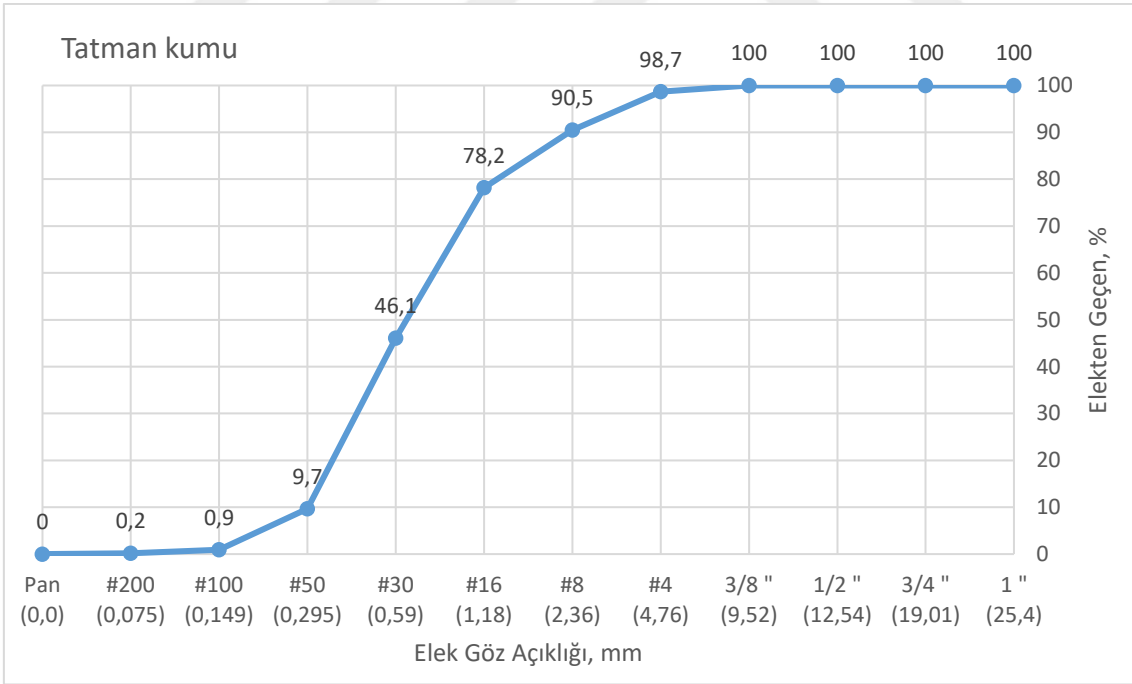
Çizelge 4.1’de yer alan her bir agrega için agrega tane büyüklüğü dağılımı grafiği Şekil 4.1-4.8’de sunulmuştur.



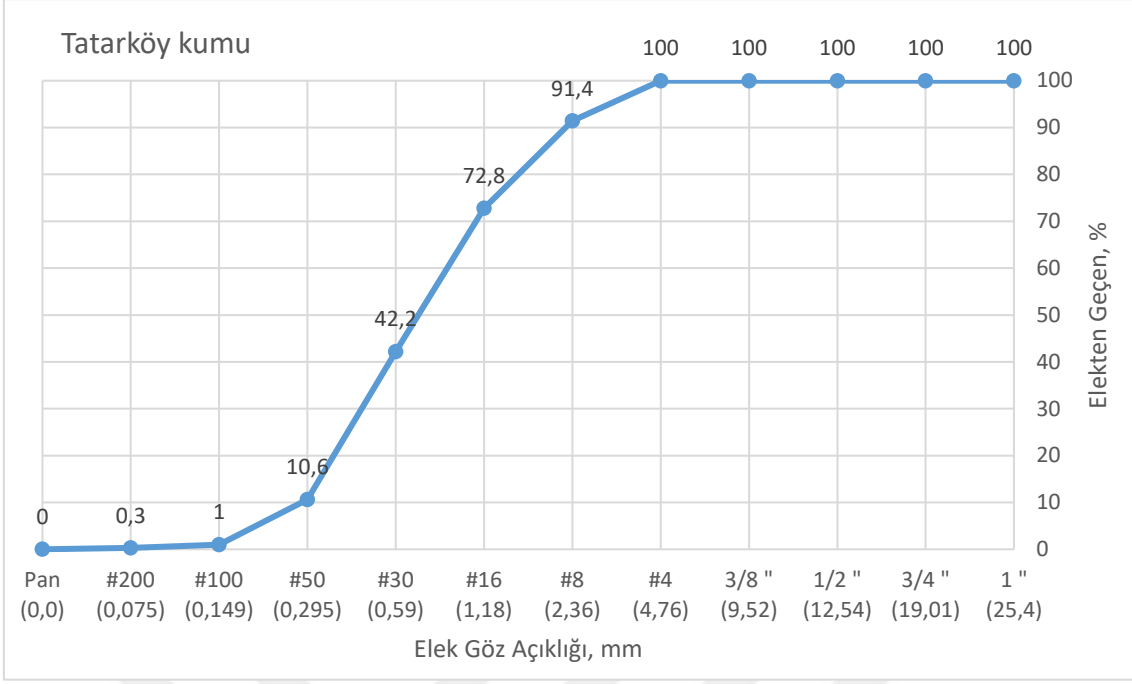
Şekil 4.1. Meriç kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği



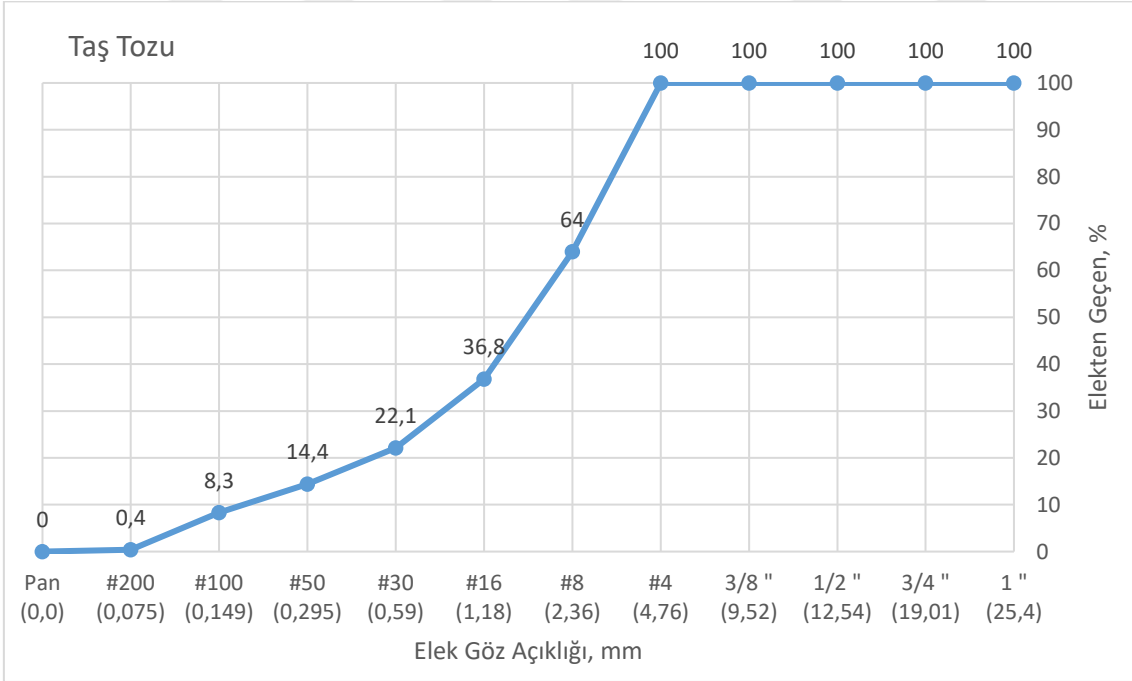
Şekil 4.2. Elçili kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği



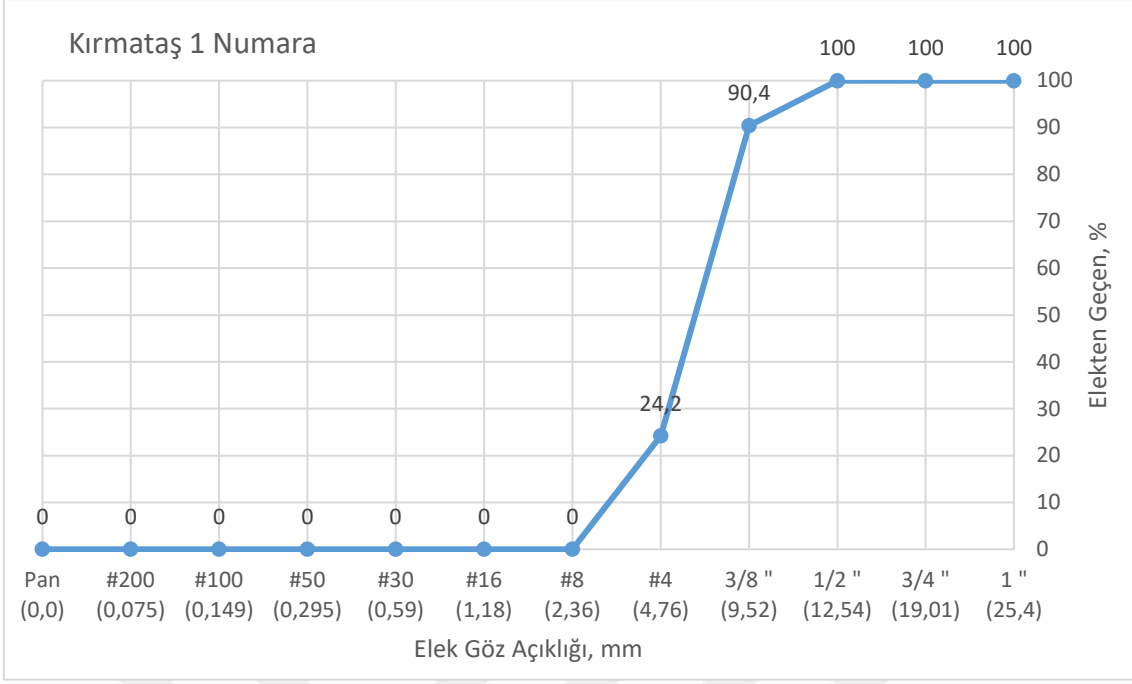
Şekil 4.3. Tatman kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği



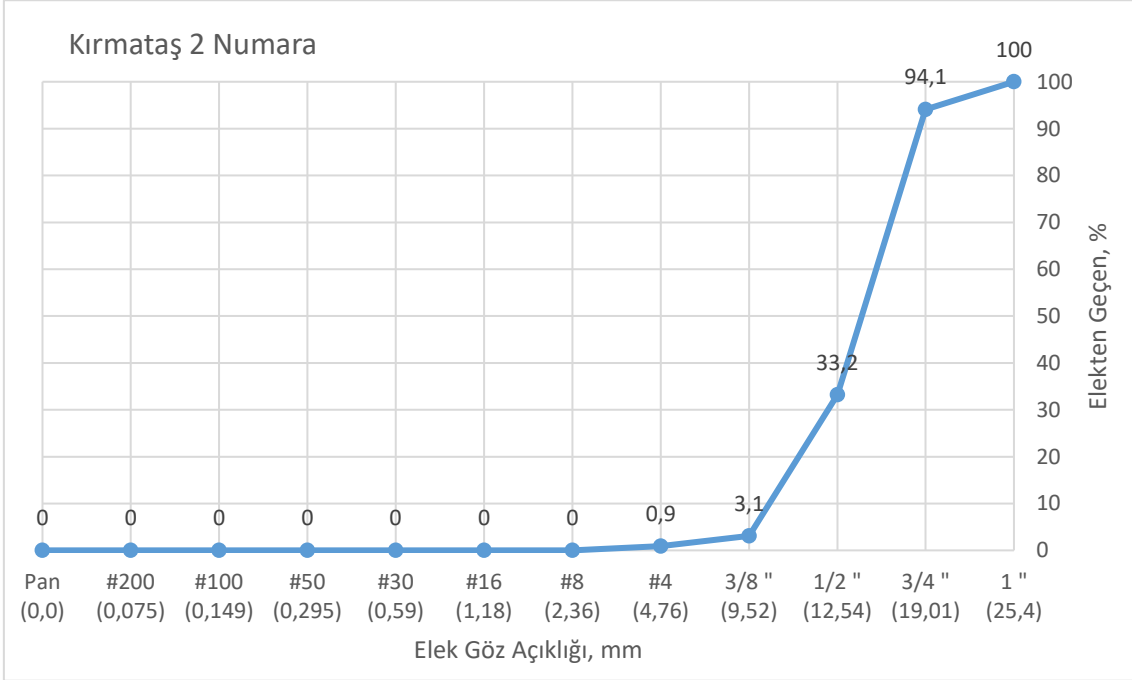
Şekil 4.4. Tatarköy kumu tane büyüklüğü dağılımı grafiği



Şekil 4.5. Taş tozu tane büyüklüğü dağılımı grafiği

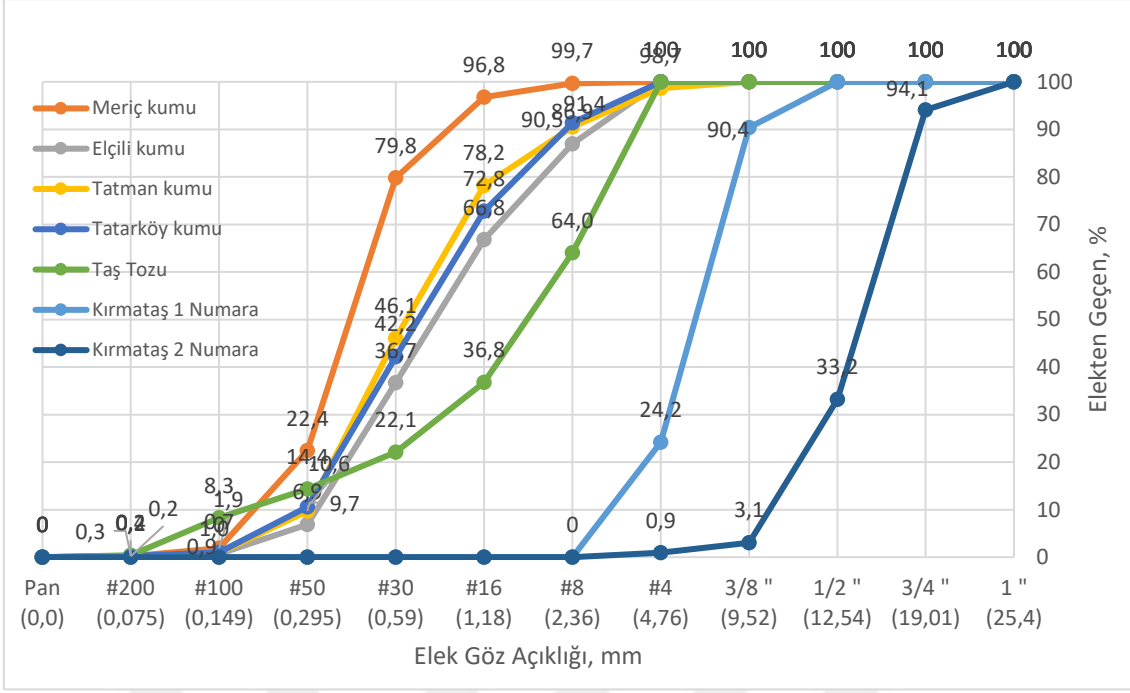


Şekil 4.6. Kırmetaş 1 numara agreganın tane büyüklüğü dağılımı grafiği



Şekil 4.7. Kırmetaş 2 numara agreganın tane büyüklüğü dağılımı grafiği

Çizelge 4.1’de yer alan agregaların tane büyüklüğü dağılımı grafikleri birleştirilerek Şekil 4.8’de sunulmuştur.



Şekil 4.8. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı grafiği

4.1.2. İnce malzeme miktarı

Bu deneyde 63 mikrometre göz açıklıklı elekten geçen ince malzemenin yüzdesi hesaplanır. Agreganın tane boyutu aralığına bağlı olarak deneyde kullanılması gereken agreganın ağırlığı da farklılık göstermektedir. Agreganın tane boyutu aralığı 0-5 mm ise deneyde kullanılması gereken ağırlık 600 gram, 5-15 mm ise 2600 gram, 15-22 mm ise 5375 gram olmalıdır. İnce malzeme miktarının nasıl belirleneceği denklem 4.2'de görülmektedir (TS EN 933-1, 2012);

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + (P/M_1)}{M_1} \times 100 \quad (4.2)$$

M₁: Deney kısmının kuru kütlesi, kg (110 °C'de etüvde kurutulmuş ağırlık)

M₂: 63 mikrometre göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg (110 °C'de etüvde kurutulmuş ağırlık)

P: Tavadaki malzeme kütlesi, kg

Agreganın ince malzeme miktarı deneyi prosedürü TS EN 933-1 Türk Standardında yer almaktadır (TS EN 933-1, 2012). Çok ince malzeme, aşağıda görüldüğü üzere TS 706 EN 12620+A1 (2009) Türk Standardında açıklanan dört durumdan birinin söz konusu olması halinde zararsız olarak kabul edilmektedir;

- İnce agreganın toplam çok ince malzeme muhtevasının, % 3'ten veya agreganın kullanıldığı yerde geçerli olan mevzuata göre belirtilmiş olan başka bir değerden daha az olması.
- TS EN 933-8+A1 Türk Standardına uygun olarak agrega numunesi deneye tabi tutulduğunda kum eş değerinin (SE) belirtilen alt sınırı aşması.
- TS EN 933-9 Türk Standardına uygun olarak agrega numunesi deneye tabi tutulduğunda metilen mavisi değerinin (MB) belirtilen alt sınır değerinden daha küçük bir değer vermesi.
- Bilinen bir performans yeterliliğine sahip agrega performansına eşit bir performansın elde edilmesi veya herhangi bir problemle karşılaşılmadan kullanım performans yeterliliğinin kanıtlanması.

Deneysel çalışmalarda kullanılan ince agregaların, agrega deneyleri sonucunda tespit edilen değerlere göre yukarıda açıklanan dört durumdan birini sağladığı için, çok ince malzemenin zararsız olduğu ve standartlara uygun olduğu sonucuna varılmıştır (TS 706 EN 12620+A1, 2009).

4.1.3. Özgül ağırlık ve su emme oranı

İri agrega ve ince agreganın özgül ağırlık tayini prosedürü TS EN 1097-6 Türk Standardında verilmiştir. İri agrega ve ince agrega özgül ağırlık değeri gerçek birim hacme karşılık gelen ağırlık olarak da tanımlanabilmektedir. Beton karışım hesaplarının oluşturulabilmesi için iri agrega ve ince agreganın özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Deneyde kullanılacak agrega miktarları maksimum agrega tane boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Maksimum agrega tane boyutu 4 mm olduğunda deneyde kullanılacak agrega miktarı 800 gram, 8 mm olduğunda 1500 gram, 16 mm olduğunda 2000 gram, 32 mm olduğunda 3000 gram olmalıdır. Maksimum agrega tane boyutuna bağlı olarak alınan numuneler tam doygun hale gelinceye kadar (en az 24 saat) su içinde bekletilmelidir. Suyu doygun hale getirilmiş olan agreganın ince taneleri kaybolmayacak biçimde suyu süzdürülmelidir. Suyu süzdürülen tavadaki agrega numunesi doygun yüzey kuru duruma getirilmelidir. Bu duruma getirilen kütle M_2 olarak kaydedilir. Daha sonra agrega numunesi kafes örgülü tel sepete konularak su dolu bir kovanın içine su yüzeyinden en az 5 cm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılmalıdır. Agrega numunesi su yüzeyine çıkarılmadan önce kovanın içerisinde minimum 10 defa serbest bir şekilde kaldırılıp indirilmelidir. Agrega numunesi sepetinin kova kenarı ile temas etmemesine

dikkat edilmelidir. Doymun agrega numunesinin sudaki ağırlığı tartılarak M_3 değeri kaydedilmelidir. Agrega numunesi sudan çıkarılmalı ve etüv kurusu durumuna getirilmelidir. Daha sonra agrega numunesi oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmalı ve agrega numunesinin havadaki kuru ağırlığı tartılarak M_1 olarak kaydedilmelidir. İri agreganın kuru özgül ağırlığı, doymun yüzey kuru özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı %'si değerlerinin nasıl belirlenmesi gerektiği denklem 4.3-4.6'da verilmiştir (TS EN 1097-6, 2002);

$$\text{İri agreganın kuru özgül ağırlığı } (M_k)=M_1/(M_2-M_3) \quad (4.3)$$

$$\text{İri agreganın doymun yüzey kuru özgül ağırlığı } (M_d)=M_2/(M_2-M_3) \quad (4.4)$$

$$\text{İri agreganın görünen özgül ağırlığı } (M_g)=M_1/(M_1-M_3) \quad (4.5)$$

$$\text{İri agreganın su emme oranı \% 'si } (M_s)=((M_2-M_1)/M_1) \times 100 \quad (4.6)$$

M_1 =numunenin etüv kurusu ağırlığı (gram)

M_2 =numunenin doymun yüzey kuru durumdaki ağırlığı (gram)

M_3 =numunenin sudaki ağırlığı (gram)

Maksimum agrega tane boyutu 4 mm'nin altında olduğunda da deneyde kullanılacak agrega miktarı 800 gram olmalıdır. Tane boyutuna bağlı olarak alınan numuneler tam doymun bir duruma gelinceye kadar (en az 24 saat) su içerisinde bekletilmelidir. Suyu doymun hale getirilmiş olan agreganın ince taneleri kaybolmayacak biçimde suyu süzdürülmelidir. Suyu süzdürülen tavadaki agrega numunesi doymun yüzey kuru duruma getirilmelidir. Doymun yüzey kuru duruma getirilmiş agrega numunesinin yarısı tartılır. Bu değer M_2 olarak kaydedilir. Diğer yarısı da etüv için ayrılmalıdır. Agrega numunesi etüve yerleştirilerek etüv kurusu duruma getirilmelidir. Agrega numunesi etüvden çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığına kadar soğutulmalıdır. Agrega numunesi cam ölçü kabına doldurulmalı ve birlikte tartılmalıdır. Ölçü kabının ağırlığı düşülerek bu değer M_1 olarak kaydedilir. Ölçü kabı 20 °C'de olan su ile yarıya kadar doldurulmalıdır. 1 saatten sonra ölçü kabı su ile 500 ml doldurulmalıdır. Sonuç olarak M_3 değeri kaydedilir. Ölçü kabı boş haldeyken 500 ml doldurularak tartılır ve M_4 olarak kaydedilir. İnce agreganın kuru özgül ağırlığı, doymun yüzey kuru özgül ağırlığı, görünen özgül ağırlığı ve su emme oranı %'si değerlerinin nasıl belirlenmesi gerektiği denklem 4.7-4.10'da verilmiştir (TS EN 1097-6, 2002);

$$\text{İnce agreganın kuru özgül ağırlığı (M}_{ik})=M_1/(M_2+M_4-M_3) \quad (4.7)$$

$$\text{İnce agreganın doymun yüzey kuru özgül ağırlığı (M}_{id})=M_2/(M_2+M_4-M_3) \quad (4.8)$$

$$\text{İnce agreganın görünen özgül ağırlığı (M}_{ig})=M_1/(M_1+M_4-M_3) \quad (4.9)$$

$$\text{İnce agreganın su emme oranı \% 'si (M}_{is})=((M_2-M_1)/M_1) \times 100 \quad (4.10)$$

M₁=numunenin etüv kurusu ağırlığı (gram)

M₂=numunenin doymun yüzey kuru durumdaki ağırlığı (gram)

M₃=ölçü kabı+su+numune ağırlığı (gram)

M₄=500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (gram)

4.1.4. Los Angeles aşınma kaybı tayini

Agrega Los Angeles parçalanmaya karşı direnç tayini deneyi TS EN 1097-2 standardına göre gerçekleştirilmelidir (TS EN 1097-2, 2020). Bu deney için laboratuvar numunesi 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm)-14 mm arasındaki fraksiyonları elde etmek için 10, 11,2 mm ve 14 mm'lik deney elekleriyle elenmelidir. Daha sonra her fraksiyon uygun şekilde yıkanmalıdır. Yıkandıktan sonra deney numunesi sabit kütleye ulaşınca kadar 110±5 °C'de etüvde kurutulmalıdır. Bu deneyde deney kısmının kütlesi 5000±5 gr olmalıdır. Deney için hazırlanan agrega numunesi Los Angeles tamburuna yerleştirilmelidir. 500 devir gerçekleştirilmelidir. Daha sonra agregalar tepsiye dökülmelidir. Tepsideki malzeme 1,6 mm'lik elek kullanılarak TS EN 933-1'e göre yıkanmalı ve daha sonra elenmelidir. 1,6 mm elekte kalan kısım, 110±5 °C'de etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmalıdır. Los Angeles katsayısının nasıl belirlenmesi gerektiği denklem 4.11'de sunulmuştur (TS EN 1097-2, 2020);

$$LA= (5000-mf)/(50) \quad (4.11)$$

mf: 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, gram

Tunç ve Alyamaç (2020) farklı test parametreleri için agrega tipinin Los Angeles aşınma kaybı üzerindeki etkisi ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu deneysel çalışmada devir sayısı değiştirilmiştir. Sonuç olarak devir sayısının artmasıyla aşınma kaybının arttığı gözlenmiştir (Tunç ve Alyamaç, 2020). TS 706 EN 12620+A1'e göre aşınma sınır değerleri belirlenmemiştir. Ancak kullanım alanına ve kullanım tercihinine göre LA değerleri katogoriler ile açıklanmıştır. LA katsayısı 20 ve daha küçük değere sahip

agregaların, özel durumlarda gerekli olduğu (meselâ, çivili lâstiklerin kullanıldığı bölgeler veya özel bölgesel yollar için yüzey tabakası şartlarını sağlamak için), LA katsayısı 30 kategorili agregaların, darbe gerilmelerine maruz kalan yol kaplamaları ve döşeme yüzey tabakaları için gerekeceği açıklanmıştır. 40'tan daha büyük Los Angeles katsayılarına sahip agregalar, kullanım tecrübelerine bağlı olarak değerlendirilmelidir (TS 706 EN 12620+A1, 2009). Los Angeles aşınma kaybı tayini için gerçekleştirilen deney sonucunda Los Angeles katsayısı 500 devir için %32 olarak tespit edilmiştir. Bulunan LA32 değeri, LA30-LA40 aralığında kalmaktadır. Los Angeles aşınma kaybı tayini deneyinde kullanılan agreganın aşınma kaybı yüzdesinin TS 706 EN 12620+A1 de normal agregalar için belirtilen değerler aralığında kaldığı sonucuna varılmıştır (TS 706 EN 12620+A1, 2009).

4.1.5. Metilen mavisi deneyi

Metilen mavisi deneyi agreganın kirli olup olmadığını belirleyen deney yöntemi olarak bilinmektedir. Bu deneyde 500 gram su ile 0-2 mm tane aralığında olan 200 gram agrega 5 dakika karıştırılır. Daha sonra bu karışım üzerine 5 ml metilen mavisi çözeltisi ilave edilir. Bu ilave yapıldıktan sonra 1 dakika karıştırma gerçekleştirilir. Cam baget ile karışımdan bir damla alınıp süzgeç kağıdına bırakılır. 5 ml metilen mavisi çözeltisi ilavesi yapılır, 1 dakika karıştırılır ve süzgeç kağıdına 1 damla daha bırakılır. Bu işlem 5 defa 1 dakika aralıklarla tekrarlanır. Daha sonra 5 ml metilen mavisi çözeltisi miktarı 2 ml'ye düşürülür. Merkezi mavi birikintiyi çevreleyen 1 mm genişliğinde açık mavi halka oluşması ve bu halkanın varlığını 5 dakika koruması durumunda deney sona ermektedir. Metilen mavisi değerinin nasıl belirleneceği denklem 4.12'de sunulmuştur (TS EN 933-9, 2022);

$$\text{Metilen mavisi değeri (MB)} = (10 \times \text{ilave edilen boya çözeltisinin hacmi, mL}) / (\text{Deney numunesi kütlesi}) \quad (4.12)$$

TS EN 933-9 Türk Standardında metilen mavisi değerinin limit değerleri belirtilmemiştir. Özbebek ve Açık (2011) çalışmalarında, yapılacak beton performans testleri ile oluşturulacak sınır değerlerin agrega girdi malzeme kalite planlarına kabul kriteri olarak konulması gerektiğini önermektedir. İnce agregalar üzerinde gerçekleştirilen metilen mavisi deneyi sonucunda Tatarköy kumunun metilen mavisi değerinin 1,5 diğer kumların da metilen mavisi değerinin 1,5 değerinin altında olduğu görülmüştür. Metilen mavisi deneyi hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde deney sonucunda bulunan 1,5 değerinin uygun olduğu değerlendirilmiştir. Arsoy ve arkadaşları (2019) yaptıkları

çalışmada MB değerlerini %1,0 bulmuştur. Bulunan değer TS 706 EN 12620 + A1 standardında belirtilen (%3) değerinden düşük olduğu ve ince agregaların kil içeriğinin betonun dayanım özelliklerini olumsuz etkileyecek oranlarda olmadığını açıklamışlardır (Arsoy, Çiftçi, Ersoy, Uygunoğlu ve Arslan, 2019).

Agregalar üzerinde gerçekleştirilen tüm fiziksel deney sonuçları (Los angeles aşınma kaybı, bağıl yoğunluk, su emme oranı, 200 no'lu elekten geçen miktar, metilen mavisi değeri) Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Agregalar üzerinde gerçekleştirilen fiziksel deney sonuçları

Numune Kodu	Los Angeles Aşınma Kaybı %		Özgül Ağırlık gr/cm ³	Su Emme %	200 No'lu Elekten Geçen Miktar	Metilen Mavisi Değeri
	100 Devir	500 Devir				
Meriç kumu	-	-	2,58	1,6	0,59	0,5
Elçili kumu	-	-	2,58	1,5	0,33	1,0
Tatman kumu	-	-	2,57	1,6	0,38	1,2
Tatarköy kumu	-	-	2,58	1,4	0,61	1,5
Taş Tozu	-	-	2,79	1,2	12,1	1,2
Kırmataş 2 numara	7	32	2,82	0,5	-	-
Kırmataş 1 numara			2,82	0,8	-	-

4.2. Taze ve Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

4.2.1. Slump (çökme) deneyi

Üretimi gerçekleştirilen taze beton karışımlarında gerçekleştirilen slump testi sonucunda numunelerin ortalama çökme değerleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Slump deneyine ait fotoğraflar ise Resim 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Taze beton karışımlarında slump (çökme) değerleri

Karışım Kodu	Slump (çökme) Değeri (mm)
K1-Elçili-0,54	62,5
K2-Tatarköy-0,54	79,0
K3-Meriç-0,54	60,0
K4-Tatman-0,54	53,0
K1-Elçili-0,58	162,0
K2-Tatarköy-0,58	173,0
K3-Meriç-0,58	183,0
K4-Tatman-0,58	187,0



Resim 4.1. Slump deneyi

4.2.2. Sertleşmiş beton birim ağırlık tayini

8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri gr/cm^3 cinsinden Çizelge 4.4-4.11’de sunulmuştur. Resim 4.2’de deneye ait fotoğraflar verilmiştir.



Resim 4.2. Sertleşmiş beton birim ağırlık tayini

Çizelge 4.4. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm^3)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm^3)
1	8203,5	2,43	8232,5	2,44
2	8204	2,43	8278,5	2,45
3	8167	2,42	8261,5	2,45

Çizelge 4.5. K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8301	2,46	8334	2,47
2	8379,5	2,48	8395	2,49
3	8373,5	2,48	8352	2,47

Çizelge 4.6. K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8287	2,46	8381	2,48
2	8264	2,45	8365,5	2,48
3	8356	2,48	8278,5	2,45

Çizelge 4.7. K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8208,5	2,43	8302,5	2,46
2	8213,5	2,43	8283,5	2,45
3	8152,5	2,42	8314	2,46

Çizelge 4.8. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8167	2,42	8230	2,44
2	8247	2,44	8237,5	2,44
3	8216	2,43	8242,5	2,44

Çizelge 4.9. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8240,5	2,44	8291	2,46
2	8303	2,46	8264	2,45
3	8263,5	2,45	8207	2,43

Çizelge 4.10. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8273,5	2,45	8332,5	2,47
2	8284	2,45	8261,5	2,45
3	8261,5	2,45	8301,5	2,46

Çizelge 4.11. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Numune	7 Günlük		28 Günlük	
	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	Ağırlık (gr)	Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
1	8277	2,45	8298,5	2,46
2	8333,5	2,47	8364	2,48
3	8286	2,46	8366	2,48

8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri gr/cm³ cinsinden Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. 8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Karışım Kodu	7 Günlük Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)	28 Günlük Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık (gr/cm ³)
K1-Elçili-0,54	2,43	2,45
K2-Tatarköy-0,54	2,47	2,48
K3-Meriç-0,54	2,46	2,47
K4-Tatman-0,54	2,43	2,46
K1-Elçili-0,58	2,43	2,44
K2-Tatarköy-0,58	2,45	2,45
K3-Meriç-0,58	2,45	2,46
K4-Tatman-0,58	2,46	2,47

4.2.3. 28 günlük suya doymun ağırlık ve etüv kurusu ağırlık deneyi

Her bir karışım için 1 adet 28 günlük küp numunede suya doymun ağırlık belirlenmiştir. Numune 28. günde kür havuzundan çıkarıldıktan sonra tartılmıştır ve suya doymun ağırlığı gram cinsinden belirlenmiştir. ASTM C1754/C1754M-12 standardına göre her bir karışım için beton numunesi 2 gün boyunca etüvde 40 °C ‘de tutulmuştur. Etüvden çıkarıldıktan sonra numune tartılmıştır ve etüv kurusu ağırlığı bulunmuştur (ASTM C1754/C1754M-12, 2021). Her bir farklı karışım için üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numune suya doymun ağırlık, etüv kurusu ağırlık değerleri, su emme miktarı ve su emme oranı değerleri Çizelge 4.13’te, deneye ait görüntülerde Resim 4.3’da verilmiştir.



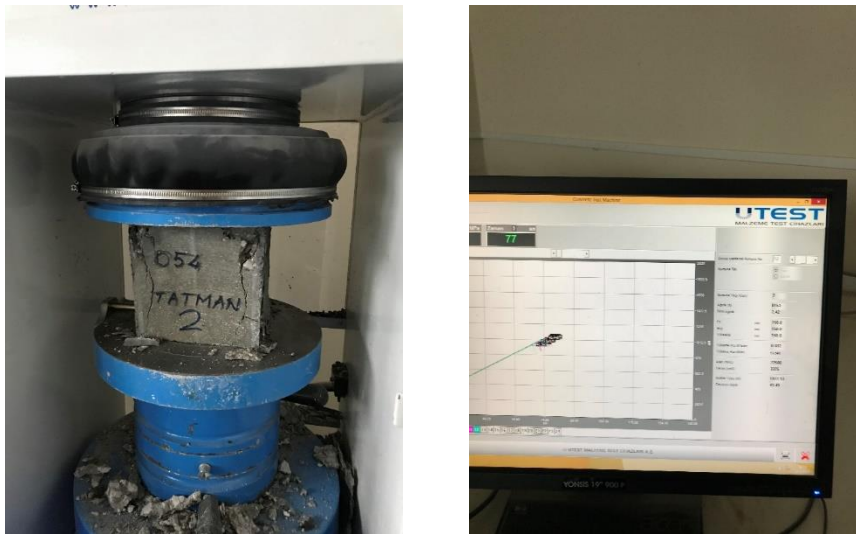
Resim 4.3. 28 günlük suya doymun ağırlık ve etüv kurusu ağırlık deneyi

Çizelge 4.13. Her bir farklı karışım için üretilen 28 günlük küp numunelerin suya doymun, etüv kurusu ağırlık ile su emme miktarı ve oranı değerleri

Karışım Kodu	28 Günlük Suya Doymun Ağırlık (gram)	28 Günlük Etüv Kurusu Ağırlık (gram)	28 Günlük Su Emme Miktarı (gram)	28 Günlük Su Emme Oranı (%)
K1-Elçili-0,54	8300,5	7917	383,5	4,84
K2-Tatarköy-0,54	8361,5	7985,5	376	4,71
K3-Meriç-0,54	8364	7974,5	389,5	4,88
K4-Tatman-0,54	8261	7885,5	375,5	4,76
K1-Elçili-0,58	8208,5	7755,5	453	5,84
K2-Tatarköy-0,58	8297,5	7851,5	446	5,68
K3-Meriç-0,58	8338,5	7896,5	442	5,60
K4-Tatman-0,58	8265,5	7815	450,5	5,76

4.2.4. Basınç dayanımı tayini

Basınç dayanımı tayini deneyi TS EN 12390-3 Türk Standardına göre gerçekleştirilmiştir (TS EN 12390-3, 2019). 8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri N/mm² cinsinden Çizelge 4.14-4.21'de sunulmuştur. Basınç dayanımı deneyine ait görüntüler Resim 4.4'te verilmiştir.



Resim 4.4. Basınç dayanımı deneyi

Çizelge 4.14. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	44,46	52,17
2	45,66	49,4
3	44,1	54,91

Çizelge 4.15. K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	46,23	54,08
2	46,3	51,6
3	46,2	54,42

Çizelge 4.16. K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	42,85	50,65
2	42,91	50,72
3	41,34	50,87

Çizelge 4.17. K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	43,94	50,4
2	43,26	52,18
3	45,45	50,76

Çizelge 4.18. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	37,48	44,29
2	37,64	44,28
3	38,1	42,89

Çizelge 4.19. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	38,95	45,13
2	40,17	45,21
3	37,97	46,41

Çizelge 4.20. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	41,04	46,39
2	37,69	45,34
3	39,54	47,13

Çizelge 4.21. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri

Numune	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	38,96	46,06
2	38,18	44,64
3	38,9	45,63

8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri N/mm² cinsinden Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. 8 farklı karışımda üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri

Karışım Kodu	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)
K1-Elçili-0,54	44,74	52,16
K2-Tatarköy-0,54	46,24	53,37
K3-Meriç-0,54	42,37	50,75
K4-Tatman-0,54	44,22	51,11
K1-Elçili-0,58	37,74	43,82
K2-Tatarköy-0,58	39,03	45,58
K3-Meriç-0,58	39,42	46,29
K4-Tatman-0,58	38,68	45,44

4.2.5. Eğilmede çekme dayanımı tayini

Eğilmede çekme dayanımı tayini deneyi TS EN 12390-5 Türk Standardına göre gerçekleştirilmiştir (TS EN 12390-5, 2019). 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri N/mm² cinsinden Çizelge 4.23-4.30'da görülmektedir. Deneye ait görüntüler Resim 4.5.'te verilmiştir.



Resim 4.5. Kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyi

Çizelge 4.23. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	8,48
2	7,25
3	7,72

Çizelge 4.24. K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	8,73
2	8,51
3	8,02

Çizelge 4.25. K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	8,28
2	8,24
3	7,73

Çizelge 4.26. K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	8,00
2	8,37
3	7,77

Çizelge 4.27. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	6,69
2	7,40
3	7,79

Çizelge 4.28. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	7,85
2	6,48
3	7,44

Çizelge 4.29. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	6,70
2	7,99
3	7,32

Çizelge 4.30. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri

Numune	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
1	7,69
2	7,35
3	7,70

8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanımı değerleri N/mm² cinsinden Çizelge 4.31’da verilmiştir.

Çizelge 4.31. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanımı değerleri

Karışım Kodu	28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı (N/mm ²)
K1-Elçili-0,54	7,82
K2-Tatarköy-0,54	8,42
K3-Meriç-0,54	8,08
K4-Tatman-0,54	8,05
K1-Elçili-0,58	7,29
K2-Tatarköy-0,58	7,26
K3-Meriç-0,58	7,34
K4-Tatman-0,58	7,58

4.2.6. Ultrasonik dalga geçiş hızı tayini

Ultrasonik dalga geçiş hızı tayini deneyi TS EN 12504-4 Türk Standardına göre gerçekleştirilmiştir (TS EN 12504-4, 2021). 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde μ s cinsinden ultrasonik dalga geçiş süreleri tespit edilmiştir. Ultrasonik dalga geçiş süreleri ve yol/zaman bağıntısı ile hesaplanan, km/sn cinsinden ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri Çizelge 4.32-4.39'da görülmektedir. Deneye ait görüntüler Resim 4.6.'da verilmiştir.



Resim 4.6. Ultrasonik dalga geçiş hızı tayini deneyi

Çizelge 4.32. K1-Elçili-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	30,1	4,98
2	30,5	4,92
3	30,4	4,93

Çizelge 4.33. K2-Tatarköy-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	30,2	4,97
2	30,2	4,97
3	30,4	4,93

Çizelge 4.34. K3-Meriç-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	31	4,84
2	30,9	4,85
3	30,7	4,89

Çizelge 4.35. K4-Tatman-0,54 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	30,8	4,87
2	30,6	4,9
3	30,7	4,89

Çizelge 4.36. K1-Elçili-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	31,2	4,81
2	31,5	4,76
3	31,3	4,79

Çizelge 4.37. K2-Tatarköy-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	31,6	4,75
2	31,5	4,76
3	31,4	4,78

Çizelge 4.38. K3-Meriç-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	31,5	4,76
2	31,3	4,79
3	31,4	4,78

Çizelge 4.39. K4-Tatman-0,58 beton karışımındaki 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Numune	28 Günlük	
	Dalga Geçiş Süresi (μ s)	Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı (km/sn)
1	31,5	4,76
2	31,4	4,78
3	31,5	4,76

8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ortalama dalga geçiş süresi μ s cinsinden ve ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri km/saniye cinsinden Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.40. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ortalama dalga geçiş süresi ve hızı değerleri

Karışım Kodu	28 Günlük Dalga Geçiş Süresi Değerleri (μ s)	28 Günlük Ultrasonik Dalga Geçiş Hızı Değerleri (km/saniye)
K1-Elçili-0,54	30,33	4,95
K2-Tatarköy-0,54	30,27	4,96
K3-Meriç-0,54	30,87	4,86
K4-Tatman-0,54	30,7	4,89
K1-Elçili-0,58	31,33	4,79
K2-Tatarköy-0,58	31,5	4,76
K3-Meriç-0,58	31,4	4,78
K4-Tatman-0,58	31,47	4,77

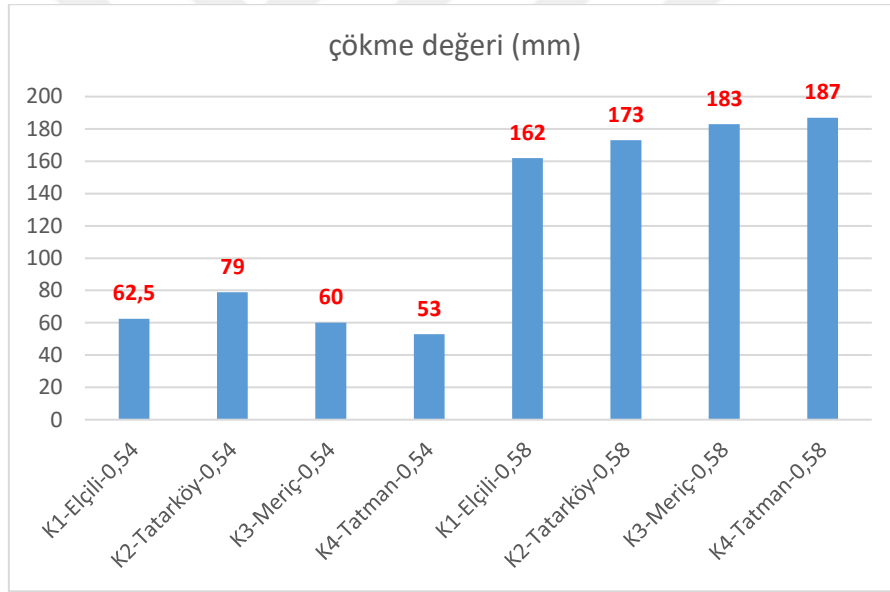
Çizelge 4.40'tan görüldüğü üzere 28 günlük tüm ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri 4,5 km/saniyenin üzerinde gözlenmiştir. Zebari ve arkadaşlarının 2016 yılında gerçekleştirdiği ve 2017 yılında yayınlanan çalışmalarında betonun ultrasonik dalga hızı geçiş değerlerine göre sınıflandırılması ile ilgili bir değerlendirme çizelgesi yer almaktadır. Bu çizelgede ultrasonik geçiş hızı değerinin 4,5 km/saniye üzerinde olması durumunda beton kalitesinin çok iyi olarak belirtilebileceği vurgulanmıştır. Sonuç olarak elde edilen 28 günlük ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri 4,5 km/saniyenin üstünde olması nedeniyle beton kalitesinin çok iyi olarak belirtilebileceği önemli bir husustur (Zebari, Bedirhanoğlu ve Aydın, 2017).

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Dört farklı ince agrega kullanımının taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde ne tür değişikliklere sebep olduğu ve sebep-sonuç ilişkisi kapsamlı olarak ele alınmıştır. Farklı ince agregalar ile üretilen beton örneklerinden elde edilen sonuçlar birbirleriyle kıyaslanmıştır.

5.1. Slump Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sekiz farklı beton karışımının slump testi sonucunda elde edilen çökme değerleri mm cinsinden Şekil 5.1’de sunulmuştur.



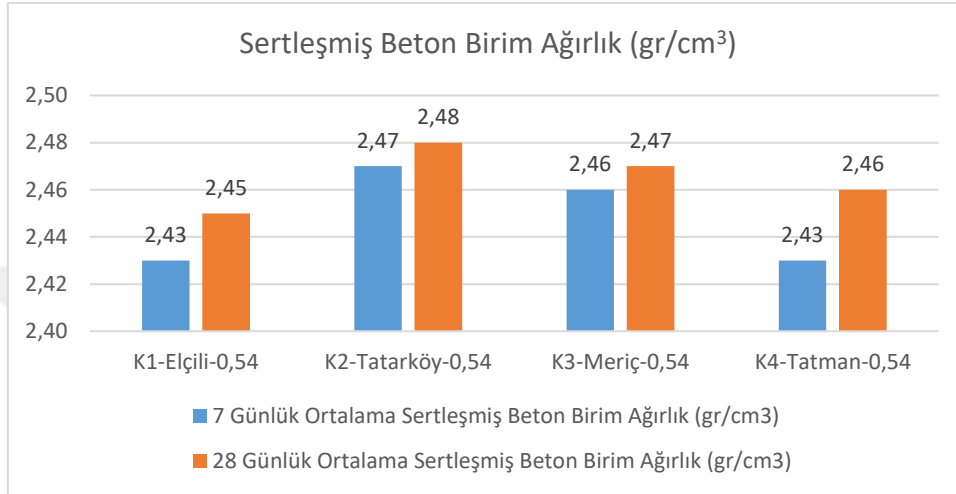
Şekil 5.1. 8 farklı beton karışımının slump (çökme) değerleri

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere su/çimento oranı 0,54 olan 4 taze beton karışımının çökme değerlerinin birbirine yakın olduğu sonucuna varılmıştır. Bu seride en yüksek çökme değerini 79 mm olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 taze beton karışımı vermiştir. En düşük çökme değeri ise 53 mm olmak üzere K4-Tatman-0,54 taze betonunda gözlenmiştir. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde ise çökme değerlerinin bir hayli yükseldiği sonucuna varılmıştır. Su/çimento oranı 0,58 olan taze beton serisinde en yüksek çökme değeri K4-Tatman-0,58 taze betonunda görülmüştür. En düşük çökme değeri ise K1-Elçili-0,58 taze betonunda elde edilmiştir. Sonuç olarak farklı ince agrega kullanımının

ve farklı su/çimento oranı tercihinin taze betonun işlenebilirliği üzerinde etki oluşturduğu belirlenmiştir.

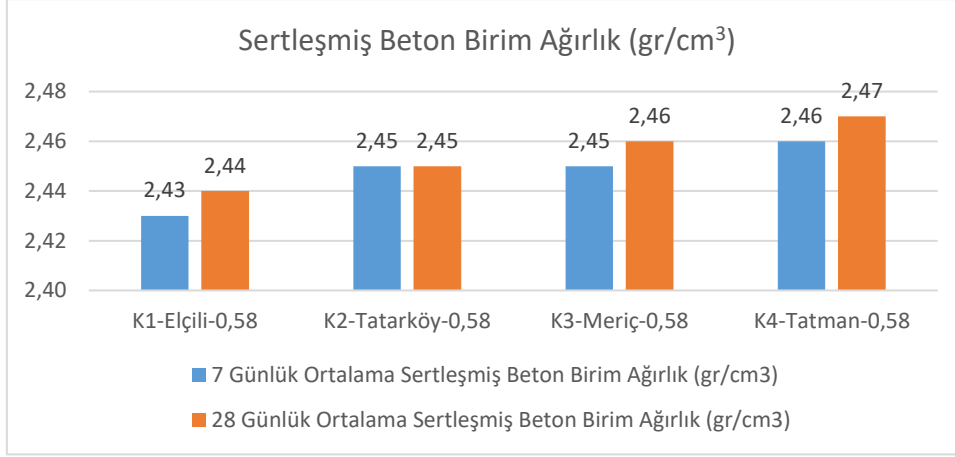
5.2. Sertleşmiş Beton Birim Ağırlık Deneç Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sekiz farklı karışımında üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri Şekil 5.2-5.4'te verilmiştir.



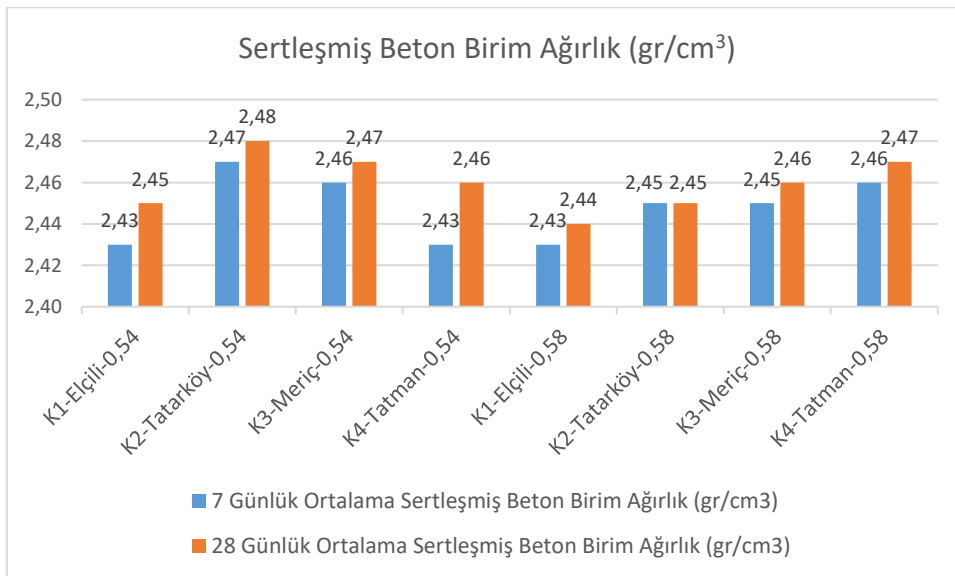
Şekil 5.2. S/Ç:0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Şekil 5.2'yi değerlendirilecek olursak; su/çimento oranı 0,54 olan beton numunelerinde 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Hem 7 günlük hem de 28 günlük sonuçlar ele alındığında en yüksek sonuçların 7 günlük için K2-Tatarköy-0,54 betonunda, 28 günlük için ise K2-Tatarköy-0,54 betonunda meydana geldiği sonucuna varılmıştır. 7 günlük numunelerde en yüksek sertleşmiş beton birim ağırlık değeri 2,47 gr/cm³ olarak gözlenmiştir. En yüksek 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değeri ise 2,48 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. 7 günlük sonuçlar bağlamında en düşük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri K1-Elçili-0,54 betonu ve K4-Tatman-0,54 betonunda 2,43 gr/cm³ olmak üzere gözlenmiştir. 28 günlük sonuçlara bakıldığında ise en düşük sertleşmiş beton birim ağırlık değerinin 2,45 gr/cm³ olarak K1-Elçili-0,54 betonunda elde edildiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.3. S/Ç:0,58 beton karışımlarının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Şekil 5.3'ü değerlendirilecek olursak; su/çimento oranı 0,58 olan beton numunelerinde 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Hem 7 günlük hem de 28 günlük sonuçlar ele alındığında en yüksek sonuçların 7 günlük için K4-Tatman-0,58 betonunda, 28 günlük için ise K4-Tatman-0,58 betonunda meydana geldiği sonucuna varılmıştır. 7 günlük numunelerde en yüksek sertleşmiş beton birim ağırlık değeri 2,46 gr/cm³ olarak gözlenmiştir. En yüksek 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değeri ise 2,47 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. 7 günlük sonuçlar bağlamında en düşük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri K1-Elçili-0,58 betonunda 2,43 gr/cm³ olmak üzere gözlenmiştir. 28 günlük sonuçlara bakıldığında ise en düşük sertleşmiş beton birim ağırlık değerinin 2,44 gr/cm³ olarak K1-Elçili-0,58 betonunda elde edildiği sonucuna varılmıştır.

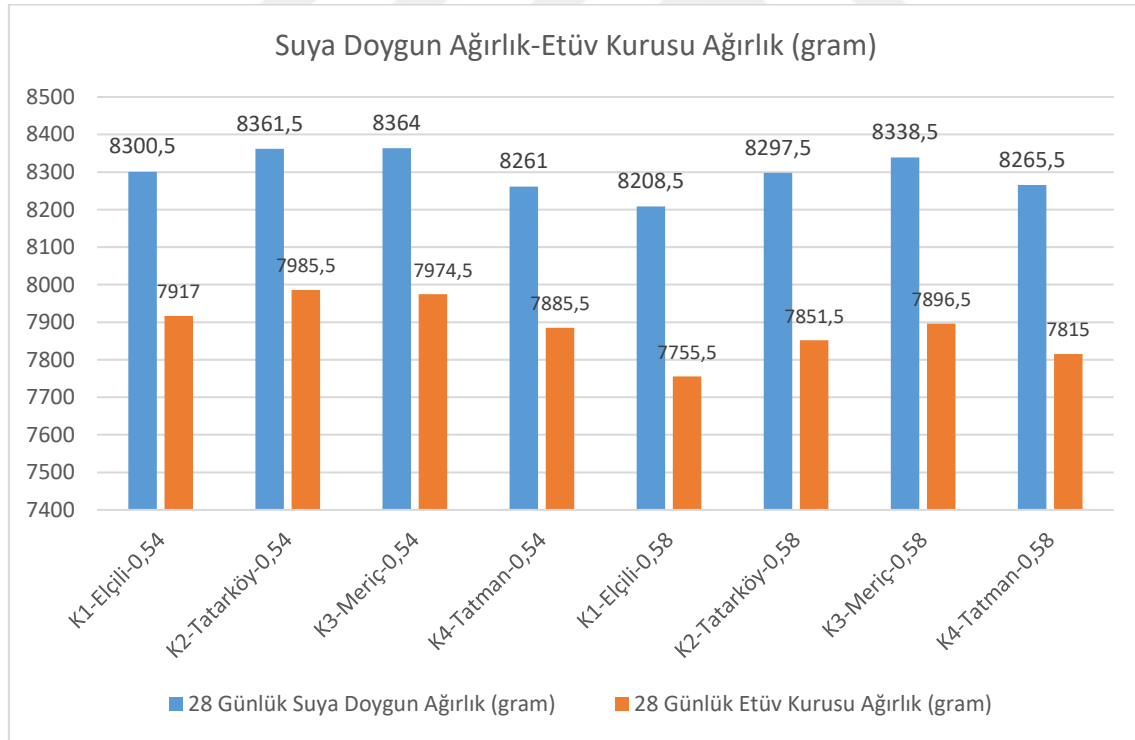


Şekil 5.4. 8 farklı beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Şekil 5.4 özetlenecek olursa, su/çimento oranı 0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinin, su/çimento oranı 0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinden yüksek çıktığı görülmüştür. 350 kg çimento dozajı tüm karışımlarda sabit tutulan beton numunelerde, su/çimento oranı azaldıkça birim ağırlık değerlerinde artma olduğu görülmüştür. Karışımlarda, su miktarının azalmasıyla agrega miktarı artışının, agrega yoğunluğunun suyun yoğunluğundan fazla olmasından dolayı, beton birim ağırlık değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Hem su/çimento oranı 0,54 hem de su/çimento oranı 0,58 beton karışımlarında 28 günlük değerlerin, 7 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.

5.3. 28 Günlük Suya Doymun ve Etüv Kuru Ağırlık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

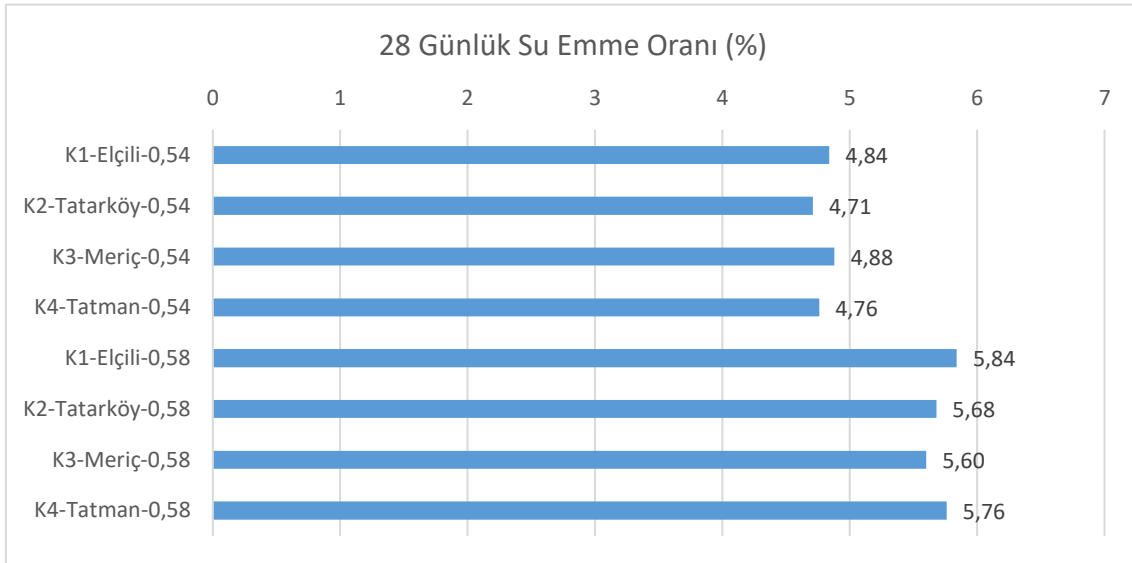
Sekiz farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde suya doymun ağırlık ve etüv kuru ağırlık değerleri Şekil 5.5'te görülmektedir.



Şekil 5.5. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde suya doymun ağırlık ve etüv kuru ağırlık değerleri

Şekil 5.5 özetlenecek olursa hem suya doymun ağırlık hem de etüv kurusu ağırlık bağlamında sonuçların birbirinden önemli farklar göstermediği görülmüştür. Beklendiği üzere 28 günlük etüv kurusu ağırlıklar 28 günlük suya doymun ağırlıklardan daha düşük çıkmıştır.

Sekiz farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde su emme oranı % cinsinden Şekil 5.6'da sunulmuştur.

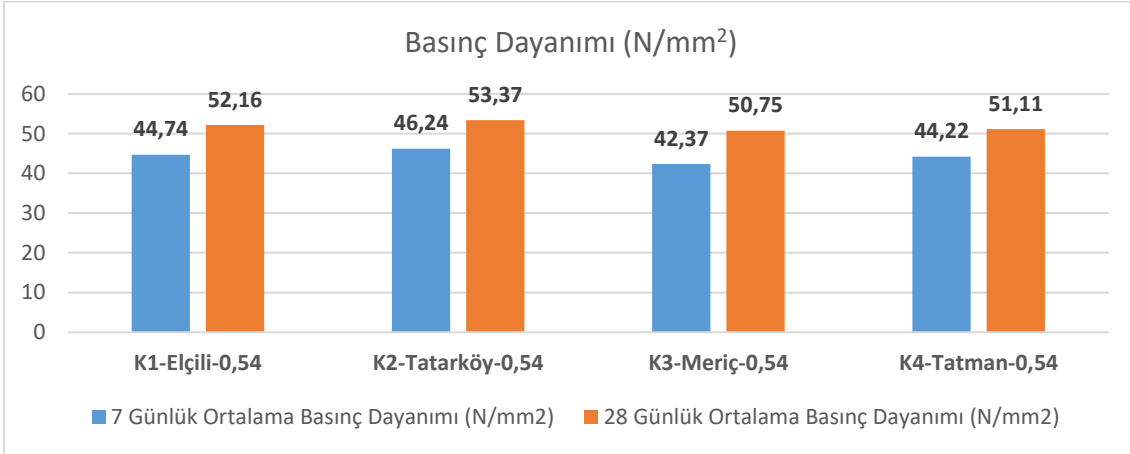


Şekil 5.6. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde su emme oranı değerleri

Şekil 5.6 özetlenecek olursa hem su/çimento oranı 0,54 hem de su/çimento oranı 0,58 olan beton serileri için en yüksek su emme oranı % 5,84 olmak üzere K1-Elçili-0,58 betonunda meydana gelmiştir. En düşük su emme oranı ise % 4,71 olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 betonunda gözlenmiştir. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisindeki su emme oranı yüzdelerinin su/çimento oranı 0,54 olan beton serisindeki su emme oranı yüzdelerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak su/çimento oranı yükseldikçe betonda boşluk oranının arttığı dolayısıyla su emme oranının da arttığı belirlenmiştir.

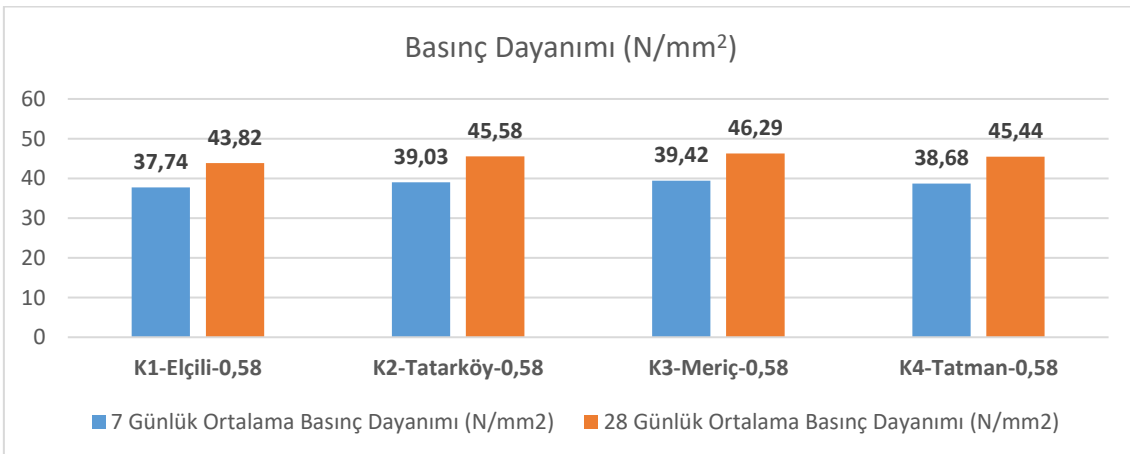
5.4. Basınç Dayanımı DeneY Sonuçları'nın Değerlendirilmesi

Sekiz farklı karışım'da üretilen 7 ve 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin basınç dayanımı değerleri Şekil 5.7-5.9'de verilmiştir.



Şekil 5.7. S/Ç:0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri

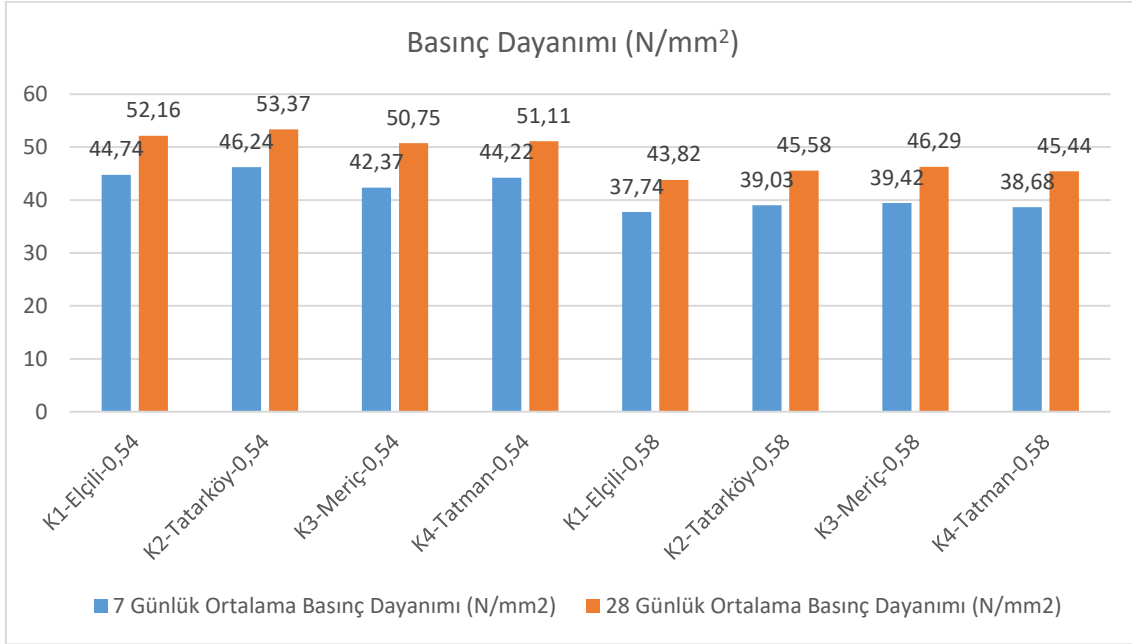
Şekil 5.7 ele alınacak olursa su/imento oranı 0,54 olan karışım'larda, en yüksek 7 günlük basınç dayanımı K2-Tatarköy-0,54 betonunda 46,24 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En düşük 7 günlük basınç dayanımı ise 42,37 N/mm² olmak üzere K3-Meriç-0,54 betonunda ortaya çıkmıştır. 28 günlük sonuçlar ele alınacak olursa en yüksek basınç dayanımı K2-Tatarköy-0,54 betonunda 53,37 N/mm² olarak elde edilmiştir. En düşük 28 günlük basınç dayanımı ise 50,75 N/mm² olarak K3-Meriç-0,54 betonunda gözlenmiştir. Sonuç olarak farklı ince agrega kullanımı betonun mekanik özelliklerinden basınç dayanımı değerlerini etkilemiştir.



Şekil 5.8. S/Ç:0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri

Şekil 5.8 ele alınacak olursa su/imento oranı 0,58 olan karışım'larda en yüksek 7 günlük basınç dayanımı 39,42 N/mm² olarak K3-Meriç-0,58 betonunda elde edilmiştir. En düşük

7 günlük basınç dayanımı ise 37,74 N/mm² olmak üzere K1-Elçili-0,58 betonunda ortaya çıkmıştır. 28 günlük sonuçlar ele alınacak olursa en yüksek basınç dayanımı K3-Meriç-0,58 betonunda 46,29 N/mm² olarak tespit edilmiştir. En düşük 28 günlük basınç dayanımı ise 43,82 N/mm² olarak K1-Elçili-0,58 betonunda belirlenmiştir. Sonuç olarak farklı ince agrega kullanımı betonun mekanik özelliklerinden olan basınç dayanımı değerlerini etkilemiştir.

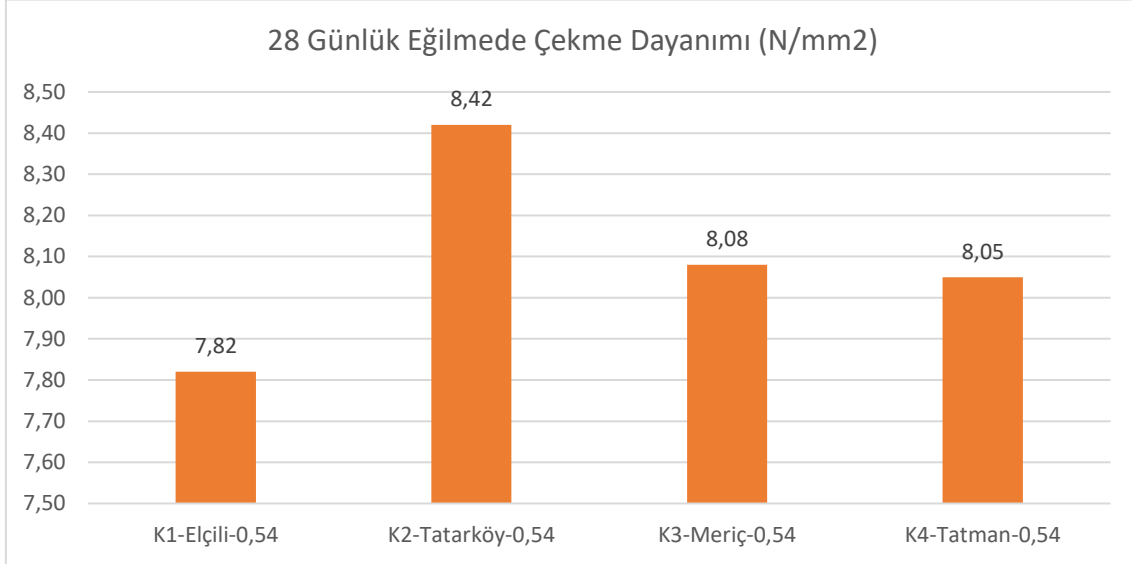


Şekil 5.9. 8 farklı beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri

Şekil 5.9 ele alınacak olursa su/çimento oranı 0,54 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin, su/çimento oranı 0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinden yüksek çıktığı görülmüştür. 350 kg çimento dozajı tüm karışımlarda sabit tutulan beton numunelerde, su/çimento oranı azaldıkça basınç dayanımı değerlerinde artma olduğu belirlenmiştir. Hazırlanan karışımlarda, su miktarının azalmasıyla boşluk miktarının azaldığı, agrega miktarının arttığı ve dolayısıyla basınç dayanımının arttığı söylenebilir. Sonuçta su/çimento oranının betonun basınç dayanımını doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Hem su/çimento oranı 0,54 hem de su/çimento oranı 0,58 beton karışımlarında 28 günlük değerlerin ise, 7 günlük basınç dayanımı değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Buradan, süreç içerisinde betonda hidrasyonun devam ettiği ve zamanla dayanımının arttığı anlaşılmaktadır.

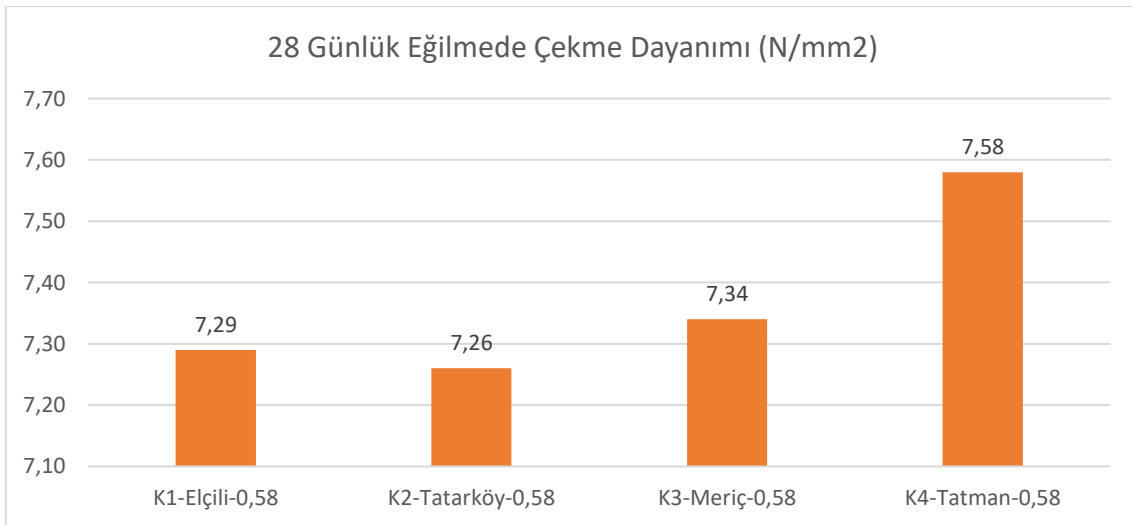
5.5. Eğilmede Çekme Dayanımı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sekiz farklı karışımda üretilen 28 günlük 10x10x50 cm ebatlı kiriş numunelerin eğilmede çekme dayanımı değerleri Şekil 5.10-5.12’de verilmiştir.



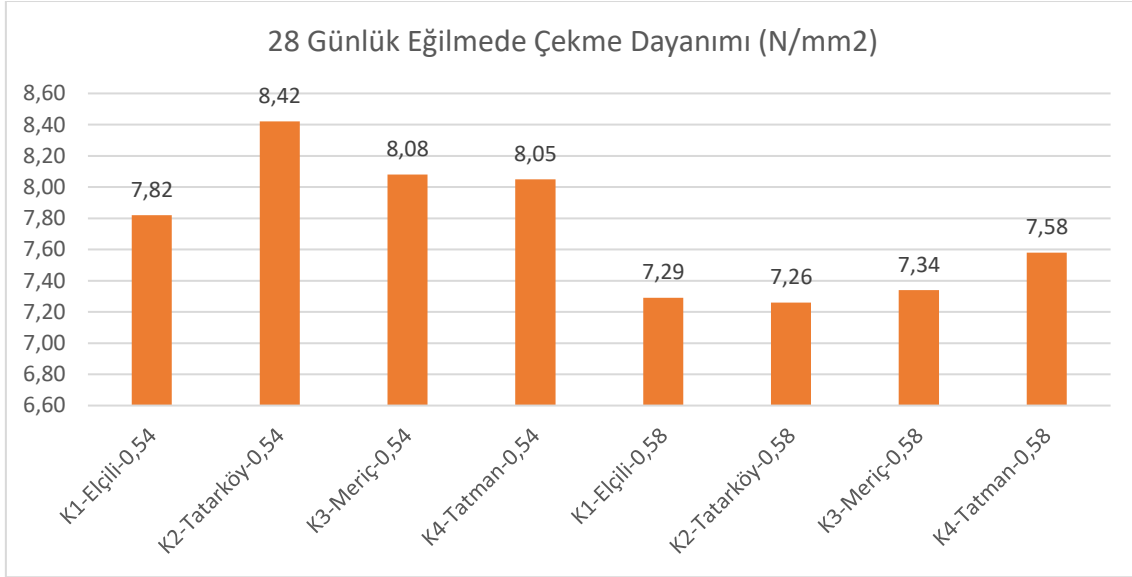
Şekil 5.10. S/Ç:0,54 beton karışımlarının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri

Şekil 5.10 değerlendirecek olursak su/çimento oranı 0,54 olan karışımlarda en yüksek eğilmede çekme dayanımının 8,42 N/mm² olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 betonunda elde edildiği söylenebilir. En düşük 28 günlük eğilmede çekme dayanımı ise 7,82 N/mm² olmak üzere K1-Elçili-0,54 betonunda ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, farklı ince agrega kullanımının betonun mekanik özelliklerinden olan eğilmede çekme dayanımını büyük oranda etkilemediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.11. S/Ç:0,58 beton karışımlarının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri

Şekil 5.11 değerlendirecek olursak su/çimento oranı 0,58 olan karışımlarda en yüksek eğilmede çekme dayanımının 7,58 N/mm² olmak üzere K4-Tatman-0,58 betonunda elde edildiği görülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 olan karışımlarda en düşük 28 günlük eğilmede çekme dayanımı ise 7,26 N/mm² olmak üzere K2-Tatar köy-0,58 betonunda ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak farklı ince agrega kullanımının betonun mekanik özelliklerinden olan eğilmede çekme dayanımını büyük oranda etkilemediği sonucuna varılmıştır.

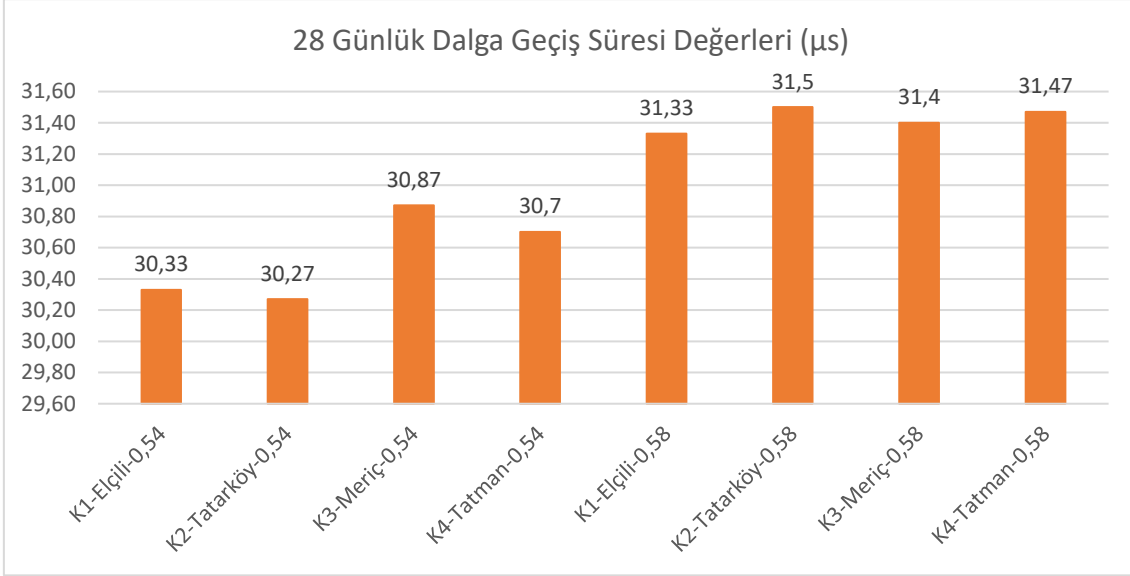


Şekil 5.12. 8 farklı beton karışımının 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri

Şekil 5.12 özetlenecek olursa hem su/çimento oranı 0,54 hem de su/çimento oranı 0,58 beton serileri için eğilmede çekme dayanımı değerleri büyük oranda önemli farklar göstermemiştir. Su/çimento oranı 0,54 olan beton karışımı numuneleri eğilmede çekme dayanımı değerlerinin, su/çimento oranı 0,58 beton karışımı numuneleri eğilmede çekme dayanımı değerlerinden yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

5.6. Ultrasonik Dalga Geçiş Süresi ve Dalga Geçiş Hızı Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

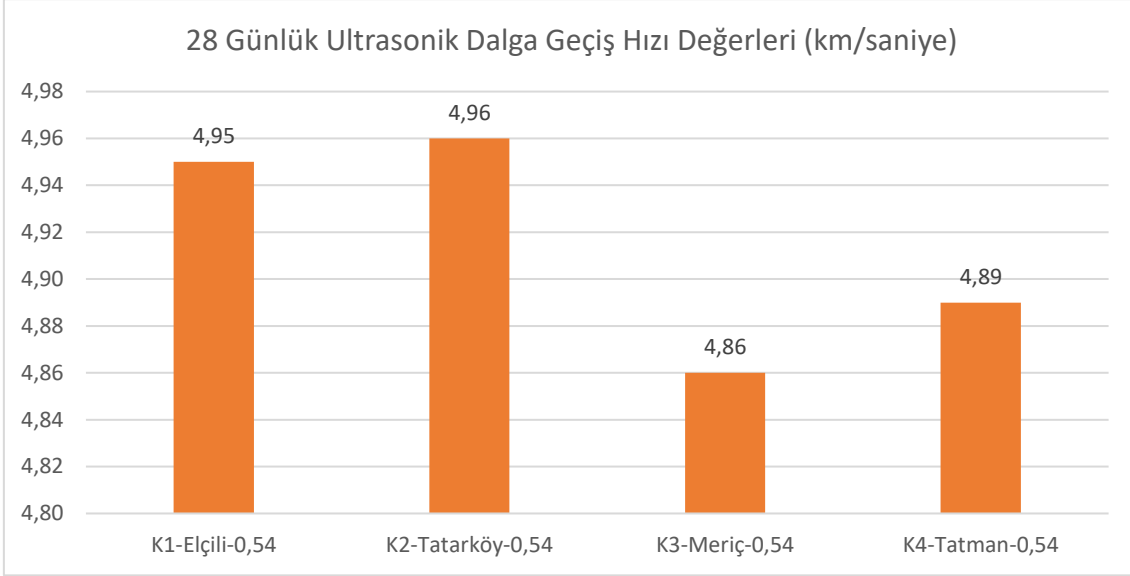
Sekiz farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş hızı tayini sonucunda elde edilen μ s cinsinden dalga geçiş süresi değerleri Şekil 5.13'te görülmektedir.



Şekil 5.13. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş süresi değerleri

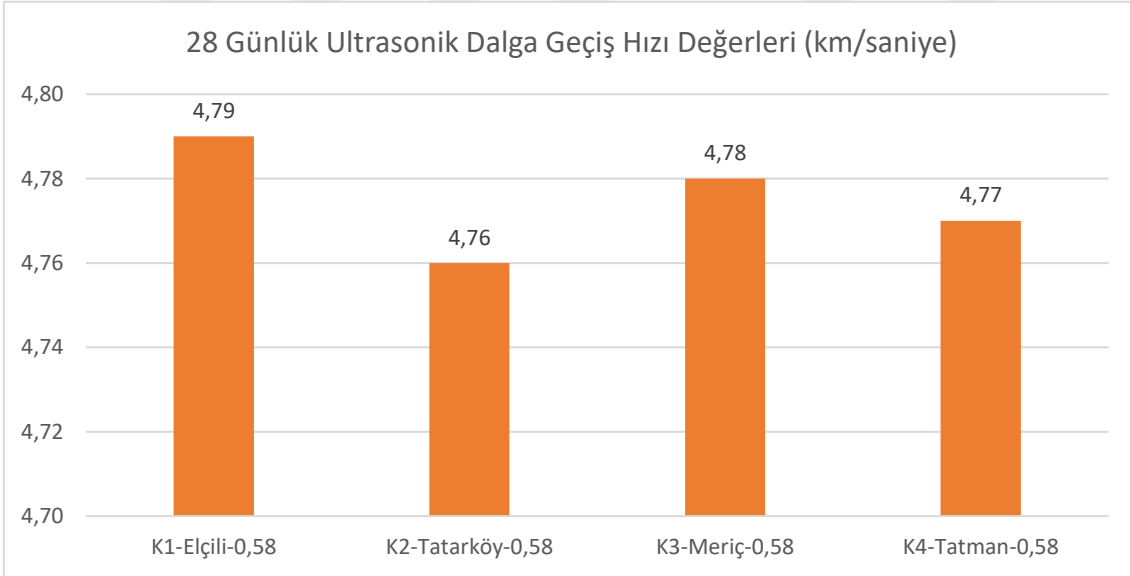
Şekil 5.13'e göre su/çimento oranı 0,54 olan beton serisinde en yüksek dalga geçiş süresi değeri 30,87 μ s olmak üzere K3-Meriç-0,54 betonunda olduğu görülmektedir. Su/çimento oranı 0,54 olan beton serisinde en düşük dalga geçiş süresinin ise 30,27 μ s olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 betonunda olduğu görülmektedir. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde ise en yüksek dalga geçiş süresinin K2-Tatarköy-0,58 betonunda meydana geldiği görülmektedir. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde en düşük dalga geçiş süresi değeri ise K1-Elçili-0,58 betonunda 31,33 μ s olduğu tabloda görülmektedir. Su/çimento oranının artması, betonda boşluk oranının artmasına neden olmuş, boşluk oranının artması nedeniyle ultrasonik dalga geçiş süresi değerleri de artmıştır.

Sekiz farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerde ultrasonik dalga geçiş hızı tayini testi sonucunda elde edilen ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri Şekil 5.14-5.16'de görülmektedir.



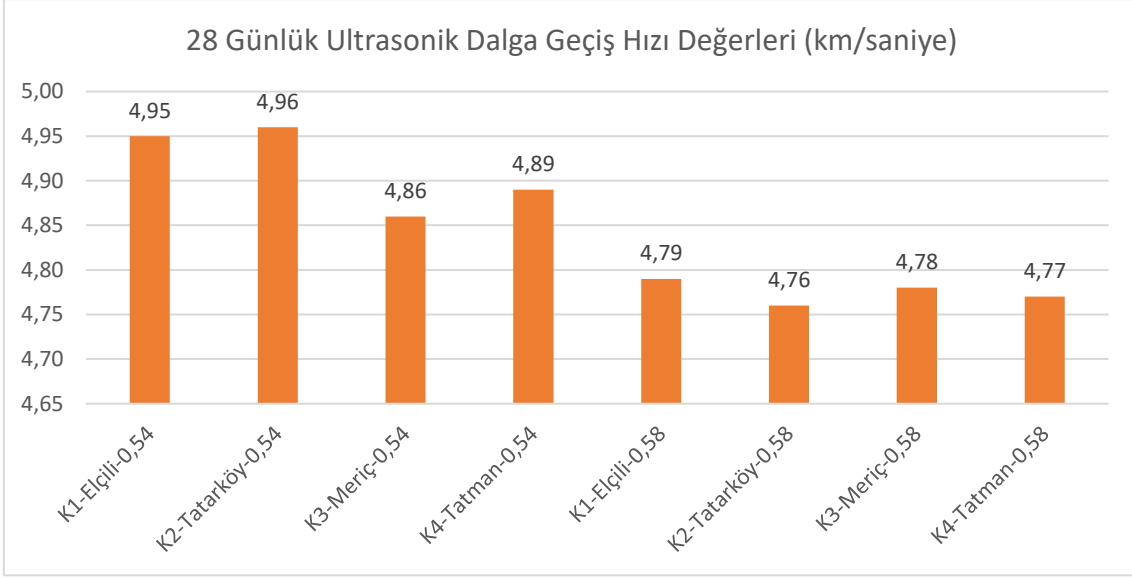
Şekil 5.14. S/Ç:0,54 beton karışımlarında üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri

Şekil 5.14 ele alınacak olursa su/çimento oranı 0,54 olan beton serisinde en yüksek dalga geçiş hızı değeri 4,96 km/sn olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 betonunda görülmüştür. Su/çimento oranı 0,54 olan beton serisinde en düşük dalga geçiş hızının ise 4,86 km/sn olmak üzere K3-Meriç-0,54 betonunda olduğu görülmüştür.



Şekil 5.15. S/Ç:0,58 beton karışımlarında üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri

Şekil 5.15 incelendiğinde su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde en yüksek dalga geçiş hızının K1-Elçili-0,58 betonunda meydana geldiği açık bir biçimde görülmektedir. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde en düşük dalga geçiş hızı değeri ise K2-Tatarköy-0,58 betonunda 4,76 km/sn olduğu görülmektedir.



Şekil 5.16. 8 farklı karışımda üretilen 28 günlük 15 cm ebatlı küp numunelerin ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri

Şekil 5.16'yı incelediğimizde, su/çimento oranı 0,58 olan beton serisindeki numunelerin dalga geçiş hızlarının su/çimento oranı 0,54 olan beton serisindeki numunelerin dalga geçiş hızlarından düşük olduğu görülmektedir. Su/çimento oranı arttığında ultrasonik dalga geçiş hızı değerleri azalmıştır. Bu sonuç ile boşluk oranı yüksek olan betonlarda ses geçirimsizliğinin azaldığı belirlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır;

- Su/çimento oranı 0,54 olan beton karışımlarında, Meriç kumunun en yüksek çökme değeri olan Tatarköy kumundan %24 düşük, en düşük çökme değeri olan Tatman kumundan %13 yüksek değerde olduğu ve diğer kumlar ile kıyasladığımızda ara değerde kaldığı görülmüştür. Su/çimento oranı 0,54 olan 4 taze beton karışımının çökme değerlerinin birbirine yakın olduğu sonucuna varılmıştır.
- Su/çimento oranı 0,58 olan beton karışımlarında, Meriç kumunun en yüksek çökme değeri olan Tatman kumundan %2 düşük, en düşük çökme değeri olan Elçili kumundan %13 yüksek değerde olduğu ve diğer kumlar ile kıyasladığımızda ara değerde kaldığı görülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 olan 4 taze beton karışımının çökme değerlerinin birbirine yakın olduğu sonucuna varılmıştır.
- Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde çökme değerlerinin su/çimento oranı 0,54 olan beton serisindeki çökme değerlerine oranla yükseldiği görülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 ve 0,54 beton karışımları çökme değerlerini oranladığımızda, Meriç kumunda %205 oranında artış olmuştur. Tatman kumunda %253 ve Tatarköy kumunda %119 oranında yükselme olmuştur. Su/çimento oranının çökme değerini doğrudan etkilediği, farklı ince agrega kullanımının ve farklı su/çimento oranı tercihinin taze beton kıvamı ve işlenebilirliği üzerinde bir etki oluşturduğu sonucuna varılmıştır.
- Hem su/çimento oranı 0,54 olan beton serisi hem de su/çimento oranı 0,58 olan beton serisi için toplam 8 farklı beton karışımının 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton birim ağırlık değerlerinin birbirine oldukça yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Hem su/çimento oranı 0,54 olan beton serisi hem de su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde üretilen numuneler değerlendirildiğinde en yüksek sertleşmiş

beton birim ağırlık değerleri 0,54 su/çimento oranına sahip 28 günlük numunelerde tespit edilmiştir.

- Su/çimento oranı 0,54 olan beton serisi için toplam 4 farklı beton karışımının su emme oranı değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 olan beton numunelerinde de çok yakın değerlerde su emme oranları tespit edilmiştir. 0,58 su/çimento oranı ile üretilen beton numuneler içerisinde, Meriç kumu ile üretilen numunenin %5,60 değeri ile en düşük su emme oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Su/çimento oranı 0,54 olan beton serisindeki su emme oranı yüzdelerinin, su/çimento oranı 0,58 olan beton serisindeki su emme oranı yüzdelerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Su/çimento oranının azalması, karışımda agrega ve bağlayıcı oranının artmasına sebep olmuş ve beton örneklerinde boşluk oranı azalmıştır. Boşluk oranının azalması ise su emme miktarının da azalmasına neden olmuştur.
- Su/çimento oranı 0,54 olan beton karışımlarından üretilen beton numunelerinin basınç dayanımı değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Bununla birlikte en düşük basınç dayanımı, 7 günlük 42,37 N/mm² ve 28 günlük 50,75 N/mm² olmak üzere Meriç kumu kullanılan beton numunelerinde tespit edilmiştir. En yüksek basınç dayanımı ise 7 günlük 46,24 N/mm², 28 günlük 53,37 N/mm² olarak Tatarköy kumu kullanılan beton numunelerinde belirlenmiştir.
- Su/çimento oranı 0,54 olan beton karışımlarından üretilen 28 günlük beton numunelerinin, 7 günlük beton numunelerine göre %15-20 oranlarında daha yüksek basınç dayanım değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir. Betonda hidrasyonun zamanla devam ettiği ve kür süresinin beton dayanımını önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.
- Su/çimento oranı 0,58 olan karışımlardan üretilen beton numunelerinin de basınç dayanımı değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 olan karışımlarda en düşük basınç dayanımı, 7 günlük 37,74 N/mm², 28 günlük 43,82 N/mm² olarak Elçili kumu kullanılan beton numunelerinde tespit edilmiştir. En yüksek basınç dayanımı ise, 7 günlük 39,42 N/mm² ve 28 günlük

46,29 N/mm² olmak üzere Meriç kumu kullanılan beton numunelerinde belirlenmiştir.

- Su/çimento oranı 0,58 olan beton karışımlarından üretilen 28 günlük beton numunelerinin, 7 günlük beton numunelerine göre %16-17 oranlarında daha yüksek basınç dayanım değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir.
- Su/çimento oranı 0,54 olan beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin, su/çimento oranı 0,58 beton karışımının 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinden yüksek çıktığı belirlenmiştir. 350 kg çimento dozajı tüm karışımlarda sabit tutulmuş olup dolayısıyla hazırlanan karışımlarda, su miktarının azalmasıyla boşluk miktarının da azaldığı ve bu nedenle basınç dayanımının arttığı sonucuna varılmıştır.
- Farklı ince agrega kullanılarak üretilen beton numunelerinden elde edilen sonuçlara göre ince agrega özelliklerinin betonun basınç dayanımı değerlerini etkilediği tespit edilmiştir.
- Hem su/çimento oranı 0,54 hem de su/çimento oranı 0,58 olan beton karışımlardan üretilen numunelerde 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Su/çimento oranı 0,54 olan karışımlar içerisinde en yüksek eğilmede çekme dayanımı 8,42 N/mm² olmak üzere K2-Tatarköy-0,54 betonunda elde edilmiştir. Su/çimento oranı 0,58 olan karışımlarda en düşük 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değeri de 7,26 N/mm² olmak üzere K2-Tatarköy-0,58 betonunda tespit edilmiştir.
- Su/çimento oranı 0,54 olan beton serisinde en yüksek dalga geçiş süresi değeri 30,87 µs olmak üzere K3-Meriç-0,54 betonunda ölçülmüştür. Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisinde en düşük dalga geçiş süresi değeri ise K1-Elçili-0,58 betonunda 31,33 µs olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler neticesinde su/çimento oranının artmasıyla ultrasonik dalga geçiş süresi değerlerinin de arttığı belirlenmiştir.
- Su/çimento oranı 0,58 olan beton serisindeki numunelerin dalga geçiş hızlarının su/çimento oranı 0,54 olan beton serisindeki numunelerin dalga geçiş hızlarından

düşük olduğu görülmüştür. Su/çimento oranı arttığında ultrasonik dalga geçiş hızı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmaların sonucunda; ince agregası olarak kullanılan doğal kumların taze ve sertleşmiş beton özelliklerini etkilediği görülmüştür. Edirne-Meriç Nehri doğal kumu kullanılan beton numuneler ve tarla ocaklarından elde edilen doğal kum agregası kullanılan beton numuneler karşılaştırılmış, tüm numunelerin beklenen dayanım değerlerini sağladığı ve birbirleri üzerinde belirgin bir üstünlük sağlamadıkları tespit edilmiştir. Edirne-Meriç Nehri kumu ve kullanılan diğer kumların ince agregası olarak beton üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Meriç Nehri kumunun alkali-silika değerleri mevsimsel değişimlerden etkilenmektedir. Bu nedenle, Meriç Nehri kumunun alkali-silika değerleri belirli dönemlerde ölçülerek belirlenmelidir.

Edirne-Meriç Nehri kumu, beton üretiminde olduğu gibi inşaat sektörünün farklı alanlarında da yapı malzemesi olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Altıntepe, A., Kahriman, A.** (2004). *Değişik kaya birimlerinden üretilen sert kırmataşın beton basınç dayanımına etkisinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.
- Arioğlu, E., Arioğlu, N., Yılmaz, A.O.** (1999). *Çözümlü Beton Agregaları Problemleri* İstanbul, Ağustos 1999.
- Arsoy, Z., Çiftçi, H., Ersoy, B., Uygunoğlu, T., Arslan, B.** (2019). Afyonkarahisar bölgesi mermer parça atıklarının beton agregası olarak değerlendirilebilirliğinin araştırılması. *El-Cezeri*, 6(3), 503-516).
- ASTM C 136-06** (2015). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, ASTM Standards.
- ASTM C 131-06** (2010). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, ASTM Standards.
- ASTM C 127-15** (2016). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate, ASTM Standards.
- ASTM C 117-17** (2020). Standard Test Method for Materials Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing, ASTM Standards.
- ASTM C 1754/C1754M-12** (2021). Standard Test Method for Density and Void Content of Hardened Pervious Concrete, ASTM Standards.
- ASTM C 128-15** (2023). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate, ASTM Standards.
- Bolu, E., Şişman, E.E.** (2007). *Kentsel Alanlardaki Akarsuların Ekolojik Açından Değerlendirilmesi: Meriç Nehri Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye.
- Çavuşoğlu, İ., Yılmaz, A.O.** (2005). *Harşit çayından (Tirebolu-Giresun) elde edilen kırılmış dere malzemesinin beton agregası olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon, Türkiye.
- Çimentaş** (2021) *Çimentaş Trakya Fabrikası CEM I 42,5 R Analiz Raporu, 05.04.2021.*
- Doğan, M., Yıldırım, Ş.** (2008). *Tekirdağ Yöresi Agregası Malzemesinin Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye.

- Erbay, Y., Algan, A.O.** (2010). *Meriç Nehri ile Saros Körfezine taşınan sediment, tathlı su ve ağır metaller* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Erdoğan M.** (1999). Safaalamı (Tekirdağ) Yöresi Amfibolit Şist'inin Agregata Özellikleri Ve Kırıcı Türünün Malzeme Geometrisine Etkisi, 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 99, 81-87, İstanbul, Türkiye.
- Kayaturan, S., Yıldırım, H.** (2010). *Farklı Kökenli Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Programı, İstanbul, Türkiye.
- Kolay, E., Başer, T.** (2012). Delice Irmak havzasında yer alan kum-çakıl ocaklarındaki malzemelerin beton agregata özelliklerinin incelenmesi, Cumhuriyet Yerbilimleri Dergisi, Cilt 29, Sayı 2, 63-72.
- Korkanç, M., Tuğrul, A.** (2017). Niğde Bölgesi Agregata Kaynakları ve Sorunları, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(1), 122-131.
- Kula, M., Yıldırım, Ş.** (2008). *Edirne Yöresindeki Bazı Agregata ve Taşocakları Malzemelerinin Beton ve Beton-Asfalt Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye.
- Maden, T.E., Çoban, A.N.** (2010). Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Ve Meriç Nehri Örneği (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Özbebek, H., Açıık, H.** (2011). İnce agregalarda yapılan metilen mavisi ve kum eşdeğerliği deney sonuçlarının beton özelliklerine ve maliyetine etkisi. *THBB Beton*.
- Özgan, İ., Subaşı, S.** (2010). *Düzce Yöresi Agregalarının Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye.
- Özyürek, N., Öneş, A.** (1995). *Kızılırmak agregasının teknik özellikleri ve beton yapımında kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Sabancı, A., Malkaralı, S.** (2016). *4. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı* 23-25 Kasım 2016, Rize, 153-163.
- Topgül, İ., Erkal, T.** (2019). *Hidrografik Açısından Aşağı Meriç Nehri ve Taşkınlar* (Yüksek Lisans Tezi). Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Çankırı, Türkiye.
- TS 706 EN 12620+A1** (2009). Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-1** (2009). Agregaların Isıl ve Bozunma Özelliklerini Tayin İçin Deneyler-Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 197-1** (2012). Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 933-1** (2012). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-8+A1** (2015). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini-Kum Eşdeğeri Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350-2** (2019). Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3** (2019). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-5** (2019). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2** (2020). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12504-4** (2021). Yapılarda Beton Deneyleri-Bölüm 4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-9** (2022). Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisini Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tunç, E.T., Alyamaç, K.E.** (2020). Farklı Test Parametreleri İçin Agregaların Tipinin Los Angeles Aşınma Kaybı Üzerine Etkisi, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi, 32(1), 1-10.
- Uz B.** (1999). Bazaltların Kırmataş Yönünden Değerlendirilmesi "Trakya – Tekirdağ Bölgesi Bazaltları Örneği, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu'99, İstanbul, Türkiye.
- Yıldırım, M., Yılmaz, I.** (2005). *Yıldız ırmağı çökellerinin beton agregası olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye.
- Zebari, Z., Bedirhanoglu, İ., Aydın, E.** (2017). Beton Basınç Dayanımının Ultrasonik Ses Dalgası Yayılma Hızı ile Tahmin Edilmesi, Mühendislik Dergisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Cilt 8, Sayı 1, 43-52.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	.
Uyruğu	
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	

Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Program Adı	

Makale ve Bildiriler	