

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE OLUŞAN
ATIKSUYUN PROSESTE YENİDEN KULLANIM
VERİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

H. ELVİN MUŞTU

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE OLUŞAN
ATIKSUYUN PROSESTE YENİDEN KULLANIM
VERİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

H. ELVİN MUŞTU

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

H. ELVİN MUŞTU tarafından hazırlanan “HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE OLUŞAN ATIKSUYUN PROSESTE YENİDEN KULLANIM VERİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 24.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Osman Nuri AĞDAĞ

Üye
Doç. Dr. Neval BAYCAN

Üye
Doç. Dr. Gülbin ERDEN

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 31/07/2019 tarih ve 31/15... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü ✓

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



H. ELVİN MUŞTU

ÖZET

**HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE OLUŞAN ATIKSUYUN
PROSESTE YENİDEN KULLANIM VERİMİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
H. ELVİN MUŞTU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. OSMAN NURİ AĞDAĞ)**

DENİZLİ, MAYIS - 2019

Bu çalışmada, hazır beton üretim tesislerinde oluşan atıksuyun, çökeltme havuzlarından sonra alıcı ortama deşarjının uygunluğu ile, beton karma suyu olarak tekrar kullanılabilirliği incelenmiştir. 10 tesisin çökeltme havuzu çıkışından alınan geri dönüşüm suyu numunelerinde, SKKY ve TS EN 1008 kapsamında su analizleri, priz süresi ve beton basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Beton testleri %100 geri dönüşüm suyu ve %100 saf su ile gerçekleştirilmiştir. SKKY limit değerlerine göre; incelenen tesislerden %100'ünde pH, %60'ında AKM, %30'unda Cr⁺⁶ yüksek konsantrasyonu ile limit değerleri sağlamadığı ve alıcı ortama deşarj edilmeye uygun olmadığı belirlenmiştir. Uygunluğu araştırılan tesislerden alınan numuneler TS EN 1008 standardına göre; sıvı-katı yağlar, deterjanlar, askıda katı madde, koku, asitler, organik madde, klorür, sülfat, nitrat, fosfat, kurşun, çinko açısından incelenmiştir ve tüm numunelerin gerekli şartları sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca çökme testi de yapılmıştır. TS EN 1008 kapsamında 8 tesisin yoğunluk değerlerinin 1.01 kg/L'den büyük olduğu ve sudaki katı maddenin homojen olarak dağılımının sağlanması gerektiği görülmüştür. 5 ayrı tesiste incelenen beton priz sürelerinde tüm sonuçlar 1-12 saat aralığında gerçekleşmiştir ve saf su priz başlangıç ve bitiş sürelerinin standart gerekliliklerini sağladığı görülmüştür. Basınç dayanımı testlerinden 7 günlük ortalama sonuçları 5 ayrı tesiste incelenmiştir. Bir tesisin saf su basınç dayanımının %90'ından(37,63 MPa) küçük olduğu(36,73 MPa) gerekli şartı sağlamadığı görülmüştür. Diğer tüm tesislerin basınç dayanımları standardın gerekliliklerini sağlamıştır. Beton endüstrisindeki çökeltme havuzlarından geri kazanılan suların beton karma suyu olarak kullanılabilmesi için TS EN 1008'de verilen gereklilikler açısından bu çalışma kapsamında 10 tesis geri dönüşüm suları incelenmiştir. Araştırma sonuçları geri dönüşüm sularının beton karma suyu olarak kullanımının uygun olduğunu göstermiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Beton, Hazır Beton, Atık Su, Geri Dönüşüm, Yeniden Kullanım

ABSTRACT

EVALUATION OF REUSE EFFICIENCY IN THE PROCESS OF RECYCLED WASTE WATER FROM READY MIXED CONCRETE PLANTS

MSC THESIS

H. ELVİN MUŞTU

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. OSMAN NURİ AĞDAĞ)

DENİZLİ, MAY 2019

In this study, the suitability of the wastewater formed in the ready-mixed concrete production facilities to the receiving environment after the settling ponds and the re-use as the concrete mixed water were investigated. Water analysis, setting time and concrete compressive strength tests were carried out in the recycling water samples taken from the point of exit of the settling pool of 10 different facilities within the scope of SKKY and TS EN 1008. Concrete tests were carried out with 100% recycle water and 100% pure water. According to SKKY limit values; 100% of the facilities examined had high pH, 60% of the facilities examined had high AKM, 30% of the facilities examined had high concentration of Cr^{+6} and with the limit values were found to be not suitable for discharge to the environment. According to TS EN 1008 standard; examined for liquid-solid fats, detergents, suspended solids, odor, acids, organic matter, chloride, sulfate, nitrate, phosphate, lead, zinc. it was determined that all samples provided the necessary conditions. Slump test was also performed. According to TS EN 1008, the density values of 8 plants were found to be greater than 1.01 kg/L. therefore, a homogeneous distribution of the solid material in the water should be ensured. All the results were in the range of 1-12 hours at the time of the concrete setting times examined in 5 separate facilities. Pure water setting start and end times have been found to meet the standard requirements. The 7-day average results of the compressive strength tests were examined at 5 different facilities. It was found that only 1 facility (36,73 MPa) was less than of pure water compressive strength (90% of pure water compressive strength= 37,63 MPa). The compressive strengths of all other facilities provided the requirements of the standard. In order to use the water recovered from the sedimentation ponds in the concrete industry as concrete mixed water, 10 facility recycling waters were examined within the scope of the requirements given in TS EN 1008. Research results show that the use of recycling water as a concrete mixed water is appropriate.

KEYWORDS: Concrete, Ready Mixed Concrete, Waste Water, Recycling, Reuse

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amacı	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Hazır Beton Üretimi	5
2.1.1 Beton Üretiminde Kullanılan Bileşenler.....	8
2.1.1.1 Agregalar	8
2.1.1.2 Çimentolar.....	8
2.1.1.3 Mineral Katkılar.....	9
2.1.1.4 Kimyasal Katkılar	9
2.1.1.5 Karışım Suyu	10
2.2 Hazır Beton Üretiminde Su Kullanımı	14
2.3 Hazır Beton Üretiminde Atıksu Oluşumu	16
2.3.1 Atıksu Kalitesi	17
2.4 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine Göre Hazır Beton Üretimi Sektörü	18
2.5 Hazır Beton Üretiminde Oluşan Atıksuyun Proseste yeniden kullanımı	19
2.5.1 Beton Geri Dönüşüm Suyunun Kullanılması İçin Mevcut Yaklaşımlar	20
2.5.1.1 Kademeli Çökeltme Havuzları	20
2.5.1.2 Geri Dönüşüm Sistemleri	22
2.5.1.3 CLRS Geri Dönüşüm Sistemi.....	24
2.6 Atıksuyun Proseste Kullanımı Durumunda Beton Kalitesi.....	26
2.7 Literatür Özeti	27
3. METARYAL VE METOD	34
3.1 İncelenen Tesislerin Tanıtımı	34
3.2 Analitik Yöntemler	40
3.2.1 SKKY'ye Göre Gerçekleştirilen Analizler	40
3.2.1.1 Askıda Katı Madde Analizi	40
3.2.1.2 Krom (Cr ⁺⁶) Analizi.....	40
3.2.1.3 Yağ Gres Analizi	41
3.2.1.4 pH Analizi.....	41
3.2.1.5 Renk Analizi	42
3.2.2 TS EN 1008'e Göre Gerçekleştirilen Su Analizleri.....	42
3.2.2.1 Ön Muayene Analizleri	42
3.2.2.1.1 Organik Madde Analizi	43
3.2.2.1.2 Askıda Katı Madde Analizi	43

3.2.2.2 Klorür Analizi.....	43
3.2.2.3 Sülfat Analizi.....	44
3.2.2.4 Alkali Analizi	44
3.2.2.5 Fosfat Analizi	44
3.2.2.6 Nitrat Analizi	45
3.2.2.7 Kurşun ve Çinko Analizleri.....	46
3.2.3 TS EN 1008'e Göre Gerçekleştirilen Beton Testleri	48
3.2.3.1 Taze Beton Deneyleri	49
3.2.3.1.1 Kıvam Tayini Deneyi	49
3.2.3.1.2 Betonda Priz Süresi Tayini Deneyi	51
3.2.3.2 Sertleşmiş Beton Deneyleri	54
3.2.3.2.1 Beton Basınç Dayanımı Tayini İçin Deney Numunelerinin Yapımı.....	54
3.2.3.2.2 Beton Basınç Dayanımı Tayini	56
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	57
4.1 Su Kalitesi	57
4.1.1 SKKY'ne Göre Değerlendirme	57
4.1.1.1 AKM Açısından Değerlendirme.....	57
4.1.1.2 Krom Açısından Değerlendirme.....	60
4.1.1.3 Yağ ve Gres Açısından Değerlendirme.....	63
4.1.1.4 pH Açısından Değerlendirme	64
4.1.1.5 Renk Açısından Değerlendirme.....	67
4.1.2 TS EN 1008'e Göre Su Analizlerinin Değerlendirilmesi	69
4.1.2.1 Ön Muayene Analizi Açısından Değerlendirme	69
4.1.2.2 Kimyasal Analizleri Açısından Değerlendirme.....	71
4.2 Beton Kalitesi Açısından Değerlendirme.....	76
4.2.1 Taze Beton Deneyleri	76
4.2.1.1 Kıvam Tayini Açısından Değerlendirme.....	76
4.2.1.2 Priz Süresine Göre Değerlendirme	78
4.2.2 Serleşmiş Beton Deneyleri.....	85
4.2.2.1 Beton Basınç Dayanımı	85
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
6. KAYNAKLAR.....	93
7. ÖZGEÇMİŞ	98

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Hazır beton malzeme karışım oranları.	5
Şekil 2.2: Hazır beton santralinin şematik gösterimi.....	6
Şekil 2.3: Çökeltme havuzu örnek 1	21
Şekil 2.4: Çökeltme havuzu örnek 2.....	22
Şekil 2.5: Çökeltme havuzu şematik gösterimi	22
Şekil 2.6: Beton geri dönüşüm sistemi	23
Şekil 2.7: Atık beton yıkama tamburu (yıkayıcı)	24
Şekil 2.8: CLR-S geri dönüşüm sistemi, sistem parçaları ve çalışma şekli.....	26
Şekil 3.1: 3 gözlü çökeltme havuzu.....	36
Şekil 3.2: 2 gözlü çökeltme havuzu.....	36
Şekil 3.3: Transmikser karıştırma haznesinin yıkanması ile oluşan atıksu	37
Şekil 3.4: Karıştırma mikserinin yıkanması ile oluşan atıksu	37
Şekil 3.5: Hazır beton tesis sahasından yağmur suyu akışından oluşan atıksu	38
Şekil 3.6: Geri dönüşüm suyunun üretim prosesine basılması (a) çökeltme havuzu su terfi pompası (b) karma suyu tankı (c) geri dönüşüm suyunun beton karma mikserine verilmesi.....	39
Şekil 3.7: Betonun hazırlanmasında kullanılan pan mikser karıştırıcı	49
Şekil 3.8: Kıvam deneyi, huninin yerleştirilmesi ve taze beton numunesinin huniye doldurulması	50
Şekil 3.9: Kıvam deneyi, taze betonun şişlenerek sıkıştırılması işlemi.....	50
Şekil 3.10: Kıvam deneyi, taze betonun çökme miktarının belirlenmesi	51
Şekil 3.11: Priz süresi tayininde taze beton numunesinin elenerek numune kalıbına koyulması işlemi.....	52
Şekil 3.12: Priz süresi tayininde taze beton numunesinin şişlenerek içerisindeki hava kabarcıklarının giderilmesi işlemi.....	52

Şekil 3.13: Priz süresi tayininde kullanılan yük uygulama cihazı ve kuvvet uygulama işlemi	53
Şekil 3.14: Beton basınç dayanımı tayininde hazırlanan numune kalıplarına örnek.....	55
Şekil 3.15: Beton basınç dayanımında tayini kullanılan kür havuzu.....	55
Şekil 3.16: Beton basınç dayanımı tayininde kullanılan kırma makinası.....	56
Şekil 4.1: Atıksu numunelerine ait AKM konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu göz sayısı ve ayrıca standart limit değer karşılaştırması.....	58
Şekil 4.2: 3. gözün 2. göze göre AKM giderim verimi (%)	59
Şekil 4.3: Atıksu numunelerine ait Cr^{+6} konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu 2. ve 3. göz değerleri ve standart limit değer karşılaştırması.....	61
Şekil 4.4: Çökeltme havuzu son gözden yani deşarj yerinden alınan numunelerin pH analiz sonuçları ve standart limit değer karşılaştırılması	65
Şekil 4.5: Çökeltme havuzunun göz sayısının pH giderimine etkisi	66
Şekil 4.6: Atıksu numunelerine ait rengin, çökeltme havuzu göz sayısının arıtıma etkisi açısından ve ayrıca standart limit değer sağlanma durumu açısından karşılaştırması	68
Şekil 4.7: 3. gözün 2. göze göre renk giderim verimi (%).....	68
Şekil 4.8: TS EN 1008'e göre klorür analizleri	72
Şekil 4.9: TS EN 1008'e göre sülfat analizleri	72
Şekil 4.10: TS EN 1008'e göre nitrat analizleri	73
Şekil 4.11: TS EN 1008'e göre fosfat analizleri.....	73
Şekil 4.12: TS EN 1008'e göre kurşun analizleri	74
Şekil 4.13: TS EN 1008'e göre çinko analizleri	74
Şekil 4.14: Taze beton kıvam deneyi slump (çökme) değerleri.....	77
Şekil 4.15: Taze beton priz deneyi, saf su için priz alma-zaman değişimleri ..	80

Şekil 4.16: Taze beton priz deneyi, 3 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri	80
Şekil 4.17: Taze beton priz deneyi, 7 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri	81
Şekil 4.18: Taze beton priz deneyi, 8 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri	81
Şekil 4.19: Taze beton priz deneyi, 9 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri	82
Şekil 4.20: Taze beton priz deneyi, 10 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri	82
Şekil 4.21: Taze betonun, priz başlangıç süreleri ve saf su priz başlangıç süresi ile %25'lik sapma limitleri.....	83
Şekil 4.22: Taze betonun, priz bitiş süreleri ve saf su priz bitiş süresi ile %25'lik sapma limitleri.....	83
Şekil 4.23: Deney numunelerindeki 7 günlük ortalama basınç dayanımının, saf su basınç dayanımının % 90'ı ile karşılaştırılması	86

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Türkiye’de yıllara göre hazır beton üretimi.....	7
Tablo 2.2: TS EN 1008, madde 4.2 ön muayene : karışım suyunun ön muayenesi için incelenecek özellikler ve deney işlemleri	11
Tablo 2.3: TS EN 1008, madde 4.3.1 klorürler: karma suyunun azamî klorür muhtevası.....	12
Tablo 2.4: TS EN 1008, madde 4.3.4 zararlı kirlenme: zararlı maddelerle ilgili şartlar	13
Tablo 2.5: TS EN 1008, EK A beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su için gerekli şartlar	13
Tablo 2.6: TS EN 1008 çizelge A.1: su içerisinde bulunan katı madde kütlesi	14
Tablo 2.7: Tablo 7.5: sektör: maden sanayii (çimento, taş kırma, karo, plaka imalatı, mermer işleme, toprak sanayi, ve benzerleri)	18
Tablo 3.1: Tez kapsamında yapılan çalışma	35
Tablo 3.2: İncelenen hazır beton tesislerinin kapasiteleri, çökeltme havuzları göz sayıları, geri dönüşüm suyu kullanım durumları.....	35
Tablo 3.3: 1 m ³ C30 beton üretimi için kullanılan beton bileşimi	48
Tablo 4.1: Atıksu numunelerine ait AKM konsantrasyonu analiz sonuçları ...	58
Tablo 4.2: Atıksu numunelerine ait Cr ⁺⁶ konsantrasyonu analiz sonuçları.....	61
Tablo 4.3: Atıksu numunelerine ait yağ gres konsantrasyonu analiz sonuçları	63
Tablo 4.4: Atıksu numunelerine ait pH analiz sonuçları.....	65
Tablo 4.5: Atıksu numunelerine ait renk analiz sonuçları	67
Tablo 4.6: TS EN 1008, madde 4.2 ön muayene : karışım suyunun ön muayenesi için incelenecek özellikler ve deney işlemleri analiz sonuçları	70
Tablo 4.7: TS EN 1008’e göre kimyasal analizleri.....	71

Tablo 4.8: Taze betonun, çökme(slamp) değerlerine göre kıvam sınıflaması ve özellikleri.....	78
Tablo 4.9: Taze betonun, priz başlangıç ve priz bitiş değerleri	79
Tablo 4.10: Sertleşmiş beton, basınç dayanım tayini sonuçları	85

SEMBOL LİSTESİ

AKM	:	Askıda Katı Madde
AS	:	Atık Su
ERMCO	:	European Ready Mixed Concrete Organization (Avrupa Hazır Beton Birliği)
İS	:	İçme Suyu
MO	:	Moringa Oleifera (Doğal Bir Pıhtılaştırıcı)
MS	:	Milli Su
RMC	:	Ready Mixed Concrete (Hazır Beton)
S/Ç	:	Su Çimento Oranı
SA	:	Süper Akışkanlaştırıcı
SKKY	:	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TDS	:	Toplam Çözünmüş Katı Madde
THBB	:	Türkiye Hazır Beton Birliği
TS	:	Türk Standardı
TSE	:	Türk Standardları Enstitüsü
TSS	:	Toplam Askıda Katı Madde
TÜRKAK	:	Türk Akreditasyon Kurumu

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda; planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Osman Nuri AĞDAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Su analizleri laboratuvar çalışmaları için bilgi, destek konusunda yardımlarını esirgemeyen Gümüşsu Arıtma Tesisleri San. ve Tic. A.Ş. ailesine ve Genel Müdürü Ülkü EMER'e, yardımlarını benden esirgemeyen Meral KOÇAK'a çok teşekkür ederim. Beton testleri için laboratuvar ve malzeme konusunda desteklerini esirgemeyen Akça Şirketler Topluluğu Yönetim Kurulu Üyelerine çok teşekkür ederim. Beton konusunda kaynak, bilgi, deneyim konularında yardımlarını esirgemeyen, sabırla her daim sorularıma cevap veren, beton deneylerinin yapılışında yol gösteren Osman ÇAM'a çok teşekkür ederim. Bu uzun çalışmam boyunca her daim yanımda olan hiçbir yardımı esirgemeyen Türkay TOROS'a teşekkürü borç bilirim.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Uluslararası forumlarda, tüm dünyada yüzyılın en önemli sorunlarından birinin su kıtlığı olacağı ve suyun doğru yönetiminin milyarlarca insanın hayatı için çok büyük değer taşıdığı önemle vurgulanmaktadır. Suya başlıca kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanım için ihtiyaç vardır (Urkiaga ve diğ. 2008). Su; canlıların, insanların hayatlarını devam ettirebilmeleri hem de ekonomik faaliyetlerde, imalat sanayinde önemli bir hammadde olarak ihtiyaç duyulması nedeniyle ulusların devamlılığı için hayati ancak sınırlı bir kaynaktır. Dünya nüfusunun sürekli artması, sanayileşmenin artması, su kaynaklarının bilinçsizce kirletilmesi ve kullanılması, insanların atmosferi ve doğayı etkileyen olumsuz faaliyetleri sonucu giderek artan küresel ısınma, iklim değişikliklerine bağlı olarak oluşan ani seller veya uzun süren kuraklıklar, dünyamızdaki tatlı su rezervlerinin azalması, suyun yeryüzündeki dağılımı, suların israf edilmesi sonucunda dünyanın bugün birçok bölgesinde yaşanan tatlı su krizinin giderek büyüyeceği, bu durumun özellikle ülkemizi yakın bir gelecekte ciddi şekilde sıkıntıya sokacağı kaçınılmaz bir gerçektir (Çetinavcı 2008).

Dünya yüzeyinin dörtte üçü suyla kaplıdır. Yeryüzüne her yıl yağmurlarla yaklaşık 2.10^{22} L su düşmektedir. Dünyadaki suyun yaklaşık %97'si deniz suyu olup içme ve birçok endüstriyel amaçla kullanıma uygun değildir. Suyun yaklaşık %2'si buz olarak kutup bölgelerinde bulunmaktadır. Bu hesaba göre geriye sadece %1 kadar içme suyu kalmaktadır (3.10^{17} L). Bu miktarın kabaca 40 milyar nüfusa yeteceği tahmin edilmektedir. Ancak insanın bulunduğu her yerde su tüketiminin hızla artmaya devam ettiği, bazı yerleşim bölgelerinde su bulunmadığı ve suyun endüstri kaynaklı, tarımsal kaynaklı vb nedenlerle hızla kirletildiği düşünülürse hayati önemde bir sorunla karşılaşacağımız beklenmelidir (Güçer 2008). Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarı en az 8.000-10.000 m³ arasındadır. Türkiye'de kişi başına düşen su miktarı 1.430 m³ olup, su zengini bir

ülke değildir. 2030 yılında, bu miktar 1100 m³'e düşecek olup, su kıtlığı çekilecektir. 2050 ve sonraki yıllarda, Türkiye'nin çok ciddi bir su sorunu olacaktır (Çetinavcı 2008). Her ne kadar Türkiye toplam tatlı su kaynakları miktarı bazında Orta Doğu'daki ülkelere oranla daha avantajlı gözüksün de, tatlı su kaynaklarımızın lokasyon olarak homojen bir şekilde dağılmadığı bir gerçektir. 2007 yılı yaz aylarında İstanbul, Ankara, İzmir vs gibi büyük şehirlerimizde yaşanan su sıkıntısı ve müteakip su kesintileri önemli bir problemin artık habercileri değil bir gerçeği olmuştur (Kitiş ve diğ. 2008). Su ihtiyacını karşılayabilmek için su kaynaklarını çoğaltma imkanı bulunmadığına göre, su kullanımında teknik ve tasarruf önlemleriyle su tüketimini azaltmaktan, sudan geri dönüşümle yararlanma gibi çarelerden başka çıkar yol görülmemektedir (Çetinavcı 2008). Geri kazanılmış atıksuların yeniden kullanımı ile hem tatlı su kaynaklarının tüketimi azaltılmakta hem de deşarj edilen arıtılmış atıksuların çevreye verebilecekleri zararlı etkileri en aza indirilebilmektedir. Tam olarak arıtılmamış atıksular, çevresel ortamlara vereceği zararın yanı sıra var olan temiz su kaynaklarının kirlenmesine de neden olmaktadır. Ayrıca su maliyetleri her geçen gün, kuraklık nedeniyle artmaktadır. Bundan dolayı atıksuların geri kazanılması ekonomik açıdan da cazip hale gelmektedir. Suyun yaşamsal ve endüstriyel fonksiyonları dikkate alındığında aslında suyun paha biçilemez bir değer olduğu unutulmamalıdır. Mevcut olmayan bir suya bedel bile konulamaz. Yukarıda belirtilen tüm hususlar ışığında artık ülkemizde de hem evsel hem de endüstriyel atıksuların ileri seviyede arıtılıp geri kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Diğer bir deyimle, aslında atıksularımız bir atık değil tam tersine geri kazanılması gereken bir tür maden, bir tür değerli malzeme, bir tür hammaddedir (Kitiş ve diğ. 2008).

Türkiye'de sektörel su kullanımları incelendiğinde sanayi sektörünün yılda 5 milyar m³ su kullanımı ile yaklaşık %11'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir. Devlet Su İşlerinin yaptığı çalışmalar önümüzdeki 20 yıllık dönemde sanayideki su ihtiyacının artarak bugünkünden yaklaşık 5 kat daha fazla olacağını göstermektedir. Son yıllarda atıksuların bertaraf edilmesinde kısmi adımlar atılmış olsa da alınan önlemler sanayileşme ve kentleşmenin hızına yetişememiş, sorun giderek büyümeye devam etmiştir. İmalat sanayinde deşarj edilen atıksuyun %36'sı arıtılırken geri kalan %64'ü arıtılmadan alıcı ortama gönderilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2010).

Her endüstriyel üretimde olduğu gibi, yapı malzemelerinin de özellikle üretim sürecinde olumsuz çevresel etkileri bulunmaktadır. Türkiye’de, yapı sektöründe temel malzeme olan betonun endüstriyel üretimi son yıllarda hızlı bir gelişim ve yaygınlaşma sürecine girmiştir. Betonun en çok iki saat içerisinde kullanılması gerekliliği de hazır beton tesislerinin kentlerin hemen her bölgesinde kurulmasına yol açmıştır. Bu gelişim ve yaygınlaşma paralelinde hazır beton üretiminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Yapılaşma faaliyetleri, her yıl küresel olarak kullanılan taş, çakıl ve kumun %40’ını, doğal ahşabın %25’ini, suyun %16’sını ve enerjinin %40’ını tüketmektedir. Bu tüketimlerde, yaygın olarak kullanılan malzeme olması nedeniyle, hazır betonun payı büyüktür (Coşgun ve Esin 2004). Betonarme yapı sistemlerinin bulunmasıyla, beton yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. 1900’lü yılların başında ilk “hazır beton” patenti alınmıştır. Beton üretim teknolojisinde yaşanan gelişmeler, kullanılan hammaddeler ve özellikle kimyasal katkılarda yaşanan gelişmelerle, günümüzde çok geniş bir kullanım alanı olan beton, sudan sonra dünyada en fazla tüketilen malzeme haline gelmiştir (Karakule ve Akakın 2005).

1.2 Çalışmanın Amacı

Son yıllarda inşaat yapımlarının da artması sonucu hazır betona olan talep de artmıştır. Bu hızlı büyüme ve talep artışı, 115 milyon metreküp hazır beton üretimiyle Avrupa’da 2009 yılından bu yana birinciliği başka ülkelere bırakmamamızı sağlamıştır. Türkiye dünyada, Çin ve ABD’den sonra en büyük beton üreticisi konumundadır (THBB 2018).

Hazır beton üretim endüstrisi için proses ve yağmur suyu yönetimi büyüyen bir sorundur. Tesis alanlarından deşarj arttıkça yönetmelikler ve uygulamalar, bu su kaynaklarını yeniden kullanma seçeneği bir zorunluluk haline gelecektir ve bu nedenle sanayiye sıfır deşarj uygulamalarına yönlendirecektir (Lobo ve Mullings 2003).

Hazır beton üretim tesisleri için su yönetimi en önemli çevre unsurlarından biridir. Su yönetiminin sağlanması; yüksek su tüketiminin azaltılması, oluşan atıksuyun deşarj edilmeksizin yeniden kullanımının sağlanması gibi hem çevreye olan

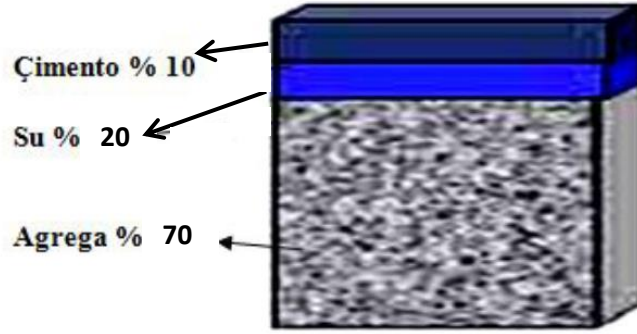
olumsuz etkilerin en aza indirilmesini hem de suyun verimli kullanımının sağlanması ile maliyetlerin azalmasını sağlayacaktır.

Bu kapsamda, tezin amacı hazır beton üretim tesislerinde oluşan atıksuyun üretim prosesinde yeniden kullanım verimini geri kazanılan su kalitesi açısından araştırmak, buna bağlı olarak ayrıca geri dönüşüm suyunun üretilen beton kalitesine etkisini incelemektir. Bu çalışmada ilave olarak atıksuların geri dönüşümü için kullanılan çökeltme havuzlarındaki göz sayısının atıksu arıtım verimine etkisi ve arıtılan atıksuyun SKKY'ne göre alıcı ortama deşarjının uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında hazır beton üretimi gerçekleştiren 10 farklı tesisten alınan atıksu numuneleri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

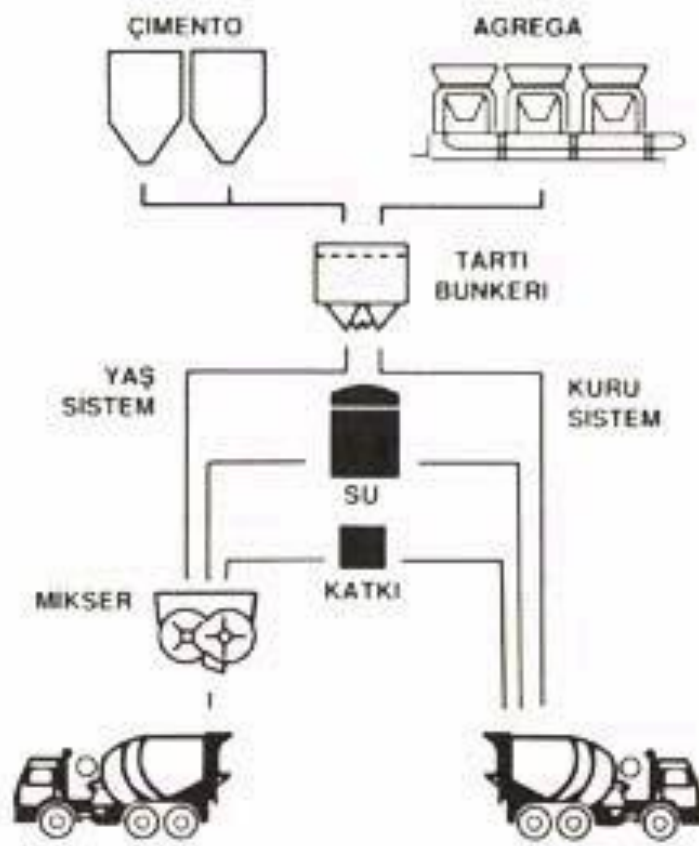
2.1 Hazır Beton Üretimi

Beton; çimento, iri agrega, ince agrega ve suyun, gerekli durumlarda kimyasal ve mineral katkı veya lifin hesaplar neticesinde ve belirli bir üretim teknolojisine uygun olarak belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşp, istenilen şekli alarak sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir (Şimşek 2016).



Şekil 2.1: Hazır beton malzeme karışım oranları.

Hazır beton; beton üreticisi tarafından inşaatın özelliklerine göre bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye “taze beton” olarak teslim edilen betona “ hazır beton” denir (Şimşek 2016). Hazır betonu oluşturan malzemelerin genel bileşim oranları Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Hazır beton üretimi TS EN 206 Beton - Özellik, Performans, İmalat Ve Uygunluk Standardına göre yapılmaktadır.



Şekil 2.2: Hazır beton santralinin şematik gösterimi.

Hazır beton üretiminin su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santralde veya transmikserde yapılmasına göre iki farklı şekli bulunmaktadır. Bu üretim şekilleri şematik olarak Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Agrega ve çimentosu beton santralinde ölçülüp santralde veya transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkısı ise teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen üretim şekline kuru sistem hazır beton denir ve aşağıda belirtilen durumlarda tercih edilir:

- Beton taşıma sırasında kıvam kaybı.
- İnşaat sektöründe beton işçiliğinde bilinç ve eğitim düzeyi düşük olduğundan taşıma, yerleştirme ve mastarlama işlemlerinin kolaylığı açısından 18-22 cm çökmeli, çok akıcı kıvamlı beton kullanma, bu amaçla da şantiyede hazır betona su verme eğiliminin çok yüksek olması.
- Uzun taşıma mesafeleri. Yol boyunca beton priz almaya başlayabilir. Karışım suyu da buharlaşabilir.
- Dökümden önce aşırı karıştırma süresi.

- Sıcak hava şartları.
- Betonun yalancı priz yapması.

Su dahil tüm bileşenleri beton santralinde ölçülen ve karıştırılan üretim sistemine yaş karışumlu hazır beton denir (Şimşek 2016).

Her iki sistemde de, üretim tesisine getirilen mıcır, kum boyutlarına göre ayrı ayrı sınıflandırılarak, yıldız veya bunker tipi depolarda stoklanır. Çimento ve katkıları ise özel imal edilmiş silo ve tanklarda stoklanır. Beton cinsine göre hammaddelerin kullanım miktarları bilimsel yöntemlerle saptanır ve ilgili veriler otomasyon sistemindeki bilgisayara yüklenir. Üretim, bu bilgisayarlar vasıtasıyla gerçekleştirilir ve hata oranı sıfırlanır. Bilimsel metodlar kullanılarak oluşturulan beton bileşim formüllerine göre üretim santrallerinde bu hammaddeler özel pan mikserlerde karıştırılır ve transmikserlere yüklenir ve döküm yapılacağı mahale gönderilir ve çoğunlukla pompalanarak kalıba dökülür. Herhangi bir önlem alınmadığında iki saat içerisinde tüketilmesi gerekmektedir (Demiryürek 2007).

Türk ekonomisinin yaklaşık %60'ını oluşturan inşaat sektörü önemli yer tutmaktadır. Türkiye'deki inşaat sektöründe betonarme yapının yaygın olarak tercih edilmesi ve kullanılması sonucu beton üretimi çok yüksek olup her geçen gün üretimi daha da artmakta, beton üretim miktarı ile Avrupa'da 1. sırada yer almaktadır (Coşgun ve Esin 2005). Türkiye'de yıllara göre hazır beton üretim miktarları Tablo 2.6'da görülmektedir. (THBB 2018).

Tablo 2.1: Türkiye'de yıllara göre hazır beton üretimi.

Yıllar	Hazır beton üretimi (m ³)
1993	10,000,000
1998	26,542,905
2003	26,828,500
2005	46,300,000
2006	70,732,631
2007	74,359,847
2008	69,600,000
2009	66,430,000
2010	79,680,000
2011	90,450,000
2012	93,050,000
2013	102,000,000
2014	107,000,000
2015	107,000,000
2016	109,000,000
2017	115,000,000

2.1.1 Beton Üretiminde Kullanılan Bileşenler

Beton üretiminde üç ana hammadde kullanılır; agrega, çimento ve su. Bunların dışında, betona çeşitli özellikler kazandırmak için kimyasal ve mineral katkı maddeleri (fiberler, renklendiriciler veya başka malzemeler) de beton karışımında kullanılabilir. Betonun performansı, bileşiminde kullanılan tüm bu malzemelerin standartlara uygunluğu, kalitesi ve karışım tasarımıyla doğrudan ilgilidir. Beton ne tür bir yapı elemanında veya ortamında, hangi amaçla kullanılacaksa (basınç dayanımı, kıvam sınıfı, agrega dane büyüklüğü, kimyasal katkı vb açısından) ona uygun nitelikte tasarlanıp üretilmek durumundadır (THBB 2006). TS EN 206 standardına uygun betonlarda, sadece özel kullanım amacına uygunluğu belirlenmiş bileşen malzemeler kullanılmalıdır (TSE 2014).

2.1.1.1 Agregalar

Agrega, beton karışımında hacim olarak en büyük yüzdeyi oluşturan malzemedir; bu yüzden betonda kullanılan agreganın standartlara uygun, temiz ve kaliteli olması çok önemlidir (THBB 2006). Beton üretiminde kullanılacak agregalar; doğal normal ağırlıklı agregalar, ağır agregalar EN 12620; hafif agregalar prEN 13055 standardına; geri kazanılmış agregalar TS EN 206, Madde 5.2.3.3'e uygun olmalıdır (TSE 2014). Agreganın boyutları, minerolojik kökeni, dayanıklılığı, şekli, su emme oranı vb özellikleri hem taze hem de sertleşmiş betonda önem taşır (THBB 2006).

2.1.1.2 Çimentolar

Çimento, ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket. vs.) yapıştırımda kullanılan bir malzemedir. Çimentonun bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır (Demiryürek 2007).

Çimento, beton karışımının hacimce yalnızca %10'unu oluşturmasına karşın, betona temel niteliği olan bağlayıcılık özelliğini kazandıran maddedir ve beton

kalitesinde önemli bir rol oynar. Üretilmek istenen betonun tür ve niteliğine göre farklı tipte çimentolar kullanılabilir. TS EN 197-1 Çimento Standardında tanımlanan 81 farklı çimento bulunmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan çimento tipi portland çimentosudur. Yapılarda kullanılan diğer çimentolar portland çimentosunun çeşitleridir (THBB 2006).

2.1.1.3 Mineral Katkılar

Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince malzemeler mineral katkı olarak adlandırılır. Bu katkıların betona ek dayanım kazandırma özelliği olduğu kadar, betonun durabilite (kalıcılık) anlamında da performansını artırır (Milli Eğitim Bakanlığı 2012). Kolay işlenebilme, dayanıklılıkta artış, daha düşük hidrasyon ısı, dayanım artışı (daha sıkı agrega hamur yüzeyi nedeniyle) gibi betonda teknik avantajlar sağlar (THBB 2006).

2.1.1.4 Kimyasal Katkılar

Katkılar; çimento, agrega ve suyun dışında betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini istenen şekilde ayarlamak üzere karıştırma işleminden hemen önce veya karıştırma işlemi sırasında betona katılan malzemelerin genel adıdır. Katkılar kimyasal katkılar ve mineral katkılar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Ayrıca özel beton türlerinin üretiminde kullanılan diğer bazı katkılar da bulunur. Katkı çeşitlerinin çok olmasının nedeni, betonun hemen hemen tüm özelliklerinin, değişik ölçeklerde bu katkılar tarafından değiştirilebilmesidir. Kötü üretilmiş bir betonu katkı kullanarak iyi beton haline getirmek mümkün değildir. Önce standarda uygun, doğru karışımlarda beton üretilmeli ve ancak aranan özellik(ler) bu yolla sağlanamıyorsa katkı kullanımı yoluna gidilmelidir. Katkının standartlara uygun olması gerekir. Kimyasal katkılar; priz süresini hızlandırıcı ve geciktirici, karışım suyunu azaltan kimyasal katkılar ile hava sürükleyici katkılardan oluşur (THBB 2006).

2.1.1.5 Karışım Suyu

Çimento hamurunun ve taze betonun hazırlanmasında kullanılan suyun kalitesi, çimento ile su arasındaki hidratasyon reaksiyonlarının oluşmasını, gelişme hızını ve buna bağlı olarak priz süresini etkileyen önemli bir faktördür. Suyun betonla ilişkisi üretim, bakım aşamaları ve servis ömrü boyunca sürekli değişkenlik göstermektedir. Örneğin, üretim aşamasında gereğinden fazla kullanılacak su, beton dayanım ve dayanıklılığını olumsuz etkilemektedir. Buna karşın erken yaşlarda, bakım aşamasında suyun, beton bünyesinde meydana gelen hidratasyon reaksiyonlarının devamlılığını sağlamada olumlu rolü vardır. Daha ilerideki yaşlarda ise su, beton bünyesine taşıdığı zararlı kimyasallar ile betonun dayanıklılığını azaltıcı en önemli etkendir (Baradan ve diğ. 2012)

Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi vardır:

- Kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmek
- Çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlelerin sertleşmesini sağlamak

Kıvam, birim m^3 'e giren su miktarına bağlıdır. Beton mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. İşte bu sebeple şantiyeye teslimi yapılan taze betona daha fazla kıvam kazandırmak amacıyla fazladan su katmak betonun mukavemetini yok eder. Genel olarak içilebilir nitelik taşıyan bütün sular betonda kullanıma uygundur. Ancak betonda kullanılacak suyun içilebilir özellikte olması şart değildir. Betondan geri kazanılmış sular, kaynak suları, doğal yüzey suları ve endüstriyel atık sular bir takım ön deneyler yapılmak kaydıyla beton yapımında uygun olabilir. Deniz suyu ve acı göl suları, içerisinde donatı bulunmayan betonlarda kullanılabilir. Kanalizasyon suları ise beton yapımı için uygun değildir. Betonda kullanılacak karışım suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır (THBB 2015). Karma suyunun TS EN 1008'e uygunluğu kanıtlanmalıdır (TSE 2014). Karışım suyu içinde bulunabilecek tuz, asit, yağ, şeker, lağım ve endüstriyel atıklar gibi bazı maddeler betonda istenmeyen etkiler yaratabilir. Karışım suyunun analizlerle belirlenmesi ve kalitesinin belli aralıklarla denetlenmesi şarttır. Beton üretiminde kullanılan karma suyunun kalitesi, betonun priz süresi, dayanım kazanma hızı ve donatının korozyona karşı korunmasını etkileyebilir. Bilinmeyen kalitedeki bir suyun, beton üretimi için karma suyu olarak uygunluğunun tayininde suyun bileşimi ve imal edilecek betonun kullanım yeri

dikkate alınmalıdır. Betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmamaktadır. Boşluklardan içeri giren zararlı unsurlar (klor, sülfat vb. zararlı etkenler) beton ve donatıya zarar vermekte ve betonun ömrünü kısaltmaktadır (THBB 2015).

Beton karma suyu olarak kullanılacak su, TS EN 1008; madde 4.2, madde 4.3.1, madde 4.3.2 ve madde 4.3.3'te verilen özelliklere uygun olmalıdır. Karma suyu olarak kullanılacak su, madde 4.3.4'te verilen kimyasal özellikler veya madde 4.4'te priz süresi ve basınç dayanımı için verilen özellikleri de sağlamalıdır. Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular, normal şartlarda betonda kullanım için uygundur. Ancak TS EN 1008, Ek A: beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su için gerekli şartlar, bölümünde verilen kriterlere uygun olmalıdır (TSE 2003). TS EN 1008, Ek A, Tablo 2.5'te gösterilmiştir.

Su, Tablo 2.2'de verilen deney işlemlerine göre muayene edilmelidir. Tablo 2.2'de verilen özelliklerden biri veya birkaçına uygun olmayan sular, ancak priz süresi ve dayanımı içeren madde 4.4'te verilen şartları sağlayarak beton yapımında kullanım için uygun olduğunun gösterilmesi halinde kullanılabilir.

Tablo 2.2: TS EN 1008, madde 4.2 ön muayene : karışım suyunun ön muayenesi için incelenecek özellikler ve deney işlemleri.

		Özellik
1	Sıvı ve katı yağlar	Görünür izlerden (lekelerden) daha fazla olmamalıdır
2	Deterjanlar	Herhangi bir köpük 2 dakika içerisinde kaybolmalıdır.
3	Renk	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular dışındaki sular : nitel olarak belirlenen renk, açık sarı veya daha açık olmalıdır.
4	Askıda katı madde	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular
		Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular dışındaki sular: Çökelti miktarı en fazla 4 mL olmalıdır.
5	Koku	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular: İçilebilir suyun sahip olduğu koku, hafif çimento kokusu ve suda yüksek fırın curufu bulunması halinde hafif hidrojen sülfür kokusu haricinde herhangi koku bulunmamalıdır.
		Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular dışındaki sular: İçilebilir suyun sahip olduğu koku haricinde herhangi koku bulunmamalıdır. Hidroklorik asit ilâve edildikten sonra herhangi hidrojen sülfür kokusu olmamalıdır.

Tablo 2.2 (devam).

6	Asitler	pH \geq 4 olmalıdır.
7	Organik madde	Sodyum hidroksit (NaOH) ilâve edildikten sonra nitel olarak belirlenen renk, sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.

Tablo 2.3: TS EN 1008, madde 4.3.1 klorürler: karma suyunun azamî klorür muhtevası.

Karma suyunun kullanılacağı beton cinsi	Azamî klorür muhtevası mg/L
Öngerilmeli beton veya şerbet	500
İçerisinde, donatı veya diğer metal bulunan beton	1000
İçerisinde, donatı veya diğer metal bulunmayan beton	4500

Suyun klorür muhtevası, Tablo 2.3'te verilen seviyeyi geçmemelidir.

TS EN 1008, 4.3.2 sülfatlar, maddesine göre; suyun, SO_4^{-2} olarak ifade edilen sülfat içeriği 2000 mg/L'yi geçmemelidir.

TS EN 1008, 4.3.3 alkali, maddesine göre; betonda, alkali – reaktif agrega kullanılma ihtimali varsa, suyun alkali muhtevası, TS EN 1008, madde 6.1.3'e göre deney yapılarak tayin edilmelidir. Karma suyunun, sodyum oksit (Na_2O) eş değeri olarak ifade edilen alkali muhtevası, normal şartlarda 1500 mg/L'yi geçmemelidir. Bu sınır değerden daha yüksek alkali muhtevasına sahip olan sular ancak, betonda zararlı alkali – silika reaksiyonlarını önleyici tedbirlerin alındığının gösterilmesi şartıyla kullanılabilir.

TS EN 1008, 4.3.4 zararlı kirlenme maddesine göre; öncelikle, şekerler, fosfatlar, nitratlar, kurşun ve çinko için nitel deneyler yapılabilir. Nitel deneyler sonucunda, bu maddelerin varlığı ortaya çıkarsa, miktarlarının ne olduğu kimyasal analizle belirlenmeli veya priz süresi ve basınç dayanımıyla ilgili deneyler yapılmalıdır. Kimyasal analiz yapılmışsa, sonuçlar Tablo 2.4'te verilen sınır değerlere uygun olmalıdır.

Tablo 2.4: TS EN 1008, madde 4.3.4 zararlı kirlenme: zararlı maddelerle ilgili şartlar.

Madde	En fazla miktar (mg/L)
Şekerler	100
Fosfatlar ; P ₂ O ₅ olarak ifade edilen	100
Nitratlar; NO ₃ ⁻ olarak ifade edilen	500
Kurşun ; Pb ⁺² olarak ifade edilen	100
Çinko ; Zn ⁺² olarak ifade edilen	100

Tablo 2.5: TS EN 1008, EK A beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su için gerekli şartlar.

TS EN 1008	EK A A.3 Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan suyun kullanımındaki sınırlamalar	1) Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su ile birlikte gelen ilâve katı madde miktarı, beton harmanı içerisindeki toplam agrega kütlelerinin, %1'inden (kütlece) daha az olmalıdır. 2) İmal edilecek beton, bazı özel şartlara sahipse (mimarî beton, öngerilmeli beton, hava sürüklenmiş beton, zararlı çevrede bulunacak beton gibi), beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan suyun muhtemel etkisi dikkate alınmalıdır. 3) Geri kazanılan su miktarı, günlük imalâta mümkün olduğu kadar düzgün şekilde dağıtılmalıdır.
	EK A A.4.1 Genel	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan bütün sular veya karışık sular, beton karma suyu için TS EN 1008, madde 4'te ve aşağıda verilen özelliklere sahip olmalıdır.
	EK A A.4.2 Depolama	Karma suyu, depolanma esnasında kirlenmeye karşı yeterli şekilde korunmalıdır.
	EK A A.4.3 Katı malzemenin su içerisinde dağılımı	Yoğunluğu, 1.01 kg/L'den daha büyük olan geri kazanılmış su içerisindeki katı maddenin, düzgün şekilde dağılımının sağlanması için uygun donanım yapılmalıdır. Yoğunluğu 1.01 kg/L'ye eşit veya daha küçük olan suyun içerisindeki katı madde miktarının ihmal edilebilir mertebede olduğu kabul edilebilir.
	EK A A.4.4 Geri kazanılmış su içerisinde bulunan katı madde kütlesi	Geri kazanılmış su içerisinde bulunan katı madde kütlesi, su yoğunluğu esas alınarak TS EN 1008 Çizelge A.1'de verilen değerlere göre tahmin edilebilir. TS EN 1008 Çizelge A.1, Tablo 2.6'da gösterilmiştir. Katı madde ve su, beton tasarımında dikkate alınmalıdır.

Tablo 2.5 (devam).

EK A A.5.1 Yoğunluk	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan veya karıştırılmış suyun yoğunluğu, su havuzundan alınmış ve homojen hâle getirilmiş numunelerde belirlenmelidir. Beton imalinde kullanılan bu suyun yoğunluğu, en az günde bir defa, en yüksek yoğunluğun meydana geldiği tahmin edilen zamanlarda tayin edilmelidir. Ancak, su yoğunluğunun izlenmesi için imalâtçının el kitabında farklı işlemler tarif edilmişse, bunlar uygulanmalıdır.
EK A A.5.2 Uygunluk	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su veya karışık suyun uygunluğu, TS EN 1008 madde 4'e göre tayin edilmelidir.

Tablo 2.6: TS EN 1008 çizelge A.1: su içerisinde bulunan katı madde kütlesi.

Geri kazanılmış su yoğunluğu (kg/L)	Katı madde kütlesi (kg/L)	Karışım suyunun net hacmi (Litre / Litre)
1,02	0,038	0,982
1,03	0,057	0,973
1,04	0,076	0,964
1,05	0,095	0,955
1,06	0,115	0,945
1,07	0,134	0,936
1,08	0,153	0,927
1,09	0,172	0,918
1,10	0,191	0,909
1,11	0,210	0,900
1,12	0,229	0,891
1,13	0,248	0,882
1,14	0,267	0,873
1,15	0,286	0,864

2.2 Hazır Beton Üretiminde Su Kullanımı

Hazır beton; günümüzde vazgeçilmesi mümkün olmayan yapı elemanlarının başında gelmektedir. Hazır betonun ana bileşenlerinden olan su, doğal ve sınırlı olan kaynaklardan bir tanesidir ve mümkün olduğunca verimli kullanılmalıdır. Birçok araştırma göstermektedir ki dünyamızdaki su kaynakları hızla azalmakta olup bu nedenle su tüketimine duyarlı olunması gerekmektedir. Ülkemizde son yıllarda hızla

artan yapılaşmaya bağlı olarak hazır beton üretiminde de artış görülmektedir. Türkiye 2017 yılı itibarıyla hazır beton üretiminde dünyanın en büyük 3. üreticisi konumundadır (Coşkun ve diğ. 2017).

Betonun mutlak hacmini %70 oranında agrega(kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento ve %20 oranında su oluşturur (THBB 2015). Üretilen beton miktarları göz önüne alındığında aşağıdaki rakamlar suyun geri kazanımının önemini açıkça gözler önüne sermektedir.

Sadece Türkiye’de 2017 yılında 115 milyon m³ hazır beton üretimi gerçekleştirilmiştir. THBB istatistiklerine göre ERMCO 2017 toplam hazır beton üretimi 383 milyon m³’tür (THBB 2018). Beton ortalama olarak %20 karma suyu içerdiğine göre bu üretimi gerçekleştirmek için sadece 2017 yılında Türkiye’de 23,000,000 m³ su; ERMCO 2017 toplamına göre ise 76,600,000 m³ su kullanılmıştır.

Üretilen betonun belirli bir kısmı çeşitli sebeplerle kullanılamamakta, bunun dışında da, üretilen betonun her bir metreküpü için yaklaşık 50 L su; yıkama, temizleme, bertaraf gibi çeşitli sebeplere tüketilmektedir. Bu tip kullanımlar için ERMCO 2017 toplam üretimine göre, bu miktar $383,000,000 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 50 \text{ m}^3/\text{L} = 19,150,000,000 \text{ L/yıl}$ ’dır. O halde yaklaşık 19 milyar litre suyun büyük kısmını geri kazanmak mümkündür (Coşkun ve diğ. 2017).

Hazır beton üretimi gerçekleştirilirken karma suyuna ilave olarak transmikser, beton pompası ve diğer araçların yıkanması, transmikser karıştırma haznesinin içinin yıkanması, karıştırma mikserinin içinin yıkanması, tesiste oluşan tozun önlenmesi, tesisin zeminin temizliği, hatalı üretilen betonun su havuzlarına yönlendirilmesi, gibi birçok işlemde su kullanılmaktadır.

Hazır betonun ortalama 2 saat plastik kıvamda kalabilmesi nedeniyle beton sevkiyatları arasında uzun bekleme süreleri oluşursa transmikser içerisindeki betonun boşaltılması zorunluluğu doğmakta ve buna bağlı olarak kimi zaman araçlar günde 2 veya daha fazla yıkanmaktadır. Bu durum da, oluşan atık miktarını ve yıkama suyu miktarını artırmaktadır (Andaç ve Oral 2016). Her bir transmikserin temizlenmesi için yaklaşık 500 litre su harcanmaktadır. Tipik olarak günde iki kez bir transmikserin arındırma işlemi gerçekleştirilir ve 15 araç olduğu kabul edilirse,

günde 15,000 litre yıkama suyu kullanılır. Tipik bir hazır beton tesisinde günde 500 m³ beton üretilebilir. 200 L/m³ beton temelinde, tesis günde 10,000 litre şebeke suyu tüketir (Ekolu ve Dawneerangen 2010).

Kullanılan su miktarlarına bakıldığında hazır beton santrallerinde atıksuyun geri dönüşümlü olarak kullanılması önem arz etmektedir.

2.3 Hazır Beton Üretiminde Atıksu Oluşumu

Hazır beton üretimi gerçekleştirilirken transmikser, beton pompası ve diğer araçların yıkanması, transmikser karıştırma haznesinin içinin yıkanması, karıştırma mikserinin içinin yıkanması, hazır beton tesis sahasından yağmur suyu akışından, tesisin zeminin temizliği, hatalı üretilen betonun su havuzlarına yönlendirilmesi, gibi birçok işlemde su kullanılmakta ve bu kullanımların sonucunda atıksu oluşmaktadır.

Günlük olarak üretilen atıksu miktarı, yağmur suyu yüzey akışından kaynaklanan tahmin edilemez miktardan dolayı değişkenlik gösterir. Bununla birlikte, 7.6 m³ hazır beton transmikseri beton sağladığında, tamburun iç tarafına ve karıştırma bıçaklarına %1 ila %4 veya yaklaşık 272.15 kg betonun bağlı kaldığı/yapıştığı tahmin edilmiştir. İşgününün sonunda, hazır beton kamyonu tüm kalıntı betondan temizlenmelidir. Tek bir kamyon ünitesinin tamburuna ve bıçaklarına yapışan artık çimentolu malzemenin çıkarılması yaklaşık 569 - 1137 L su gerektirebilir (Chini ve Mbwambo 1996). Bu miktar, üretilen her bir metreküp hazır beton başına yaklaşık 50-100 L yıkama suyunun açığa çıktığı anlamına gelmektedir (Özkul ve Doğan 2016).

Araçların yıkamasından kaynaklanan atık su miktarının, tek bir hazır beton tesisi başına günde 11370-18950 L arasında değişeceği tahmin edilmektedir (Chini ve Mbwambo 1996).

Üretilen her bir metreküp betonun belirli bir kısmı kullanılamamakta, bunun dışında da yaklaşık her bir metreküp için 50 L su; yıkama, temizleme, bertaraf gibi çeşitli sebeplerle tüketilmektedir (Coşkun ve diğ. 2017). Bu da 1 m³ beton üretimi

için 50 L yıkama, temizleme, bertaraf gibi çeşitli sebeplerden atıksu oluştuğu anlamına gelmektedir.

2.3.1 Atıksu Kalitesi

Hazır beton operasyonlarından gelen yıkamadan kaynaklanan atık su, çimentolu malzemeler ve kimyasal katkı artığı içerir. Yağmursuyu su akışı aynı zamanda çimentolu malzemeler ve beton santralinden yıkanmış diğer yabancı maddeler de içerebilir (Chini ve Mbwambo 1996).

Temel olarak zeminlerin ve mikser kamyonlarının yıkanmasından üretilen bu atık su, diğer parametrelerin yanı sıra yüksek konsantrasyonda askıda katı madde, yüksek pH, yüksek bulanıklık ve yüksek alkaliniteye sahiptir (Paula ve diğ. 2016).

Çözünmüş kireçtaşı katılarının yüksek içeriği nedeniyle yıkama suyu bazik karakterdedir ve 11 ile 12 arasında değişen yüksek bir pH değerine sahiptir. Genel olarak atık su, aşağıdakileri içeren çözünmüş katıları içerir: çimentodan sülfatlar ve hidroksitler, bir karışım olarak kalsiyum klorürün kullanımından elde edilen kloritler, ekipmandan gelen yağ ve gres ve portland çimentosunun hidrasyonu ile ilişkili az miktarda diğer kimyasallar ve türevleri, kimyasal katkıları. Kimyasal katkı maddelerinin en yaygın türevleri şunlardır: etanolamin, dietanolamin, formaldehid, K-naftalin sülfonat ve benzen sülfonik asit (Chini ve Mbwambo 1996).

Hazır beton üretiminden kaynaklı atık suyun alıcı ortama verilmesi durumunda atıksuyun karakteristiğinin alıcı ortamı nasıl etkilediğine dair Kanada Su Ürünleri ve Okyanuslar Bakanlığı yüksek pH'ın balıklar üzerinde solungaç, göz ve cilt gibi dış yüzeylere hasar verdiğini, hatta balık ölümlerine neden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, tipik olarak proses suyunda bulunan toplam askıda katı maddelerin yüksek içeriğinin, balık solungaçlarını tıkayabileceği, doğal üreme alanlarını yok edebileceğini, balıkların beslenebilme yeteneğini etkileyebileceğini ve çevresel yaşam alanlarında genel bir dengesizlik yaratabileceğini aktarmıştır (Neuwald 2010).

2.4 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği(SKKY)'ne Göre Hazır Beton Üretimi Sektörü

Hazır beton üretiminde oluşan atıksular geri kazanım, yeniden kullanım, vb şekilde değerlendirilmeyecek, alıcı ortama deşarj edilecekse SKKY deşarj kriterlerini sağlamalıdır. Atıksuların deşarj kriterlerini sağlamadan alıcı ortama verilmesi durumunda 2872 sayılı Çevre Kanununa göre idari para cezası uygulanmakta ve bazı durumlarda tesis faaliyeti durdurulabilmektedir.

31.12.2004 tarihli ve 25687sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde hazır beton tesisleri için Tablo 7.5'in uygulanması öngörülmüştür. SKKY Tablo 7.5, Tablo 2.7'de gösterilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2004).

Tablo 2.7: Tablo 7.5: sektör: maden sanayii (çimento, taş kırma, karo, plaka imalatı, mermer işleme, toprak sanayi, ve benzerleri).

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	100	-
KROM (CR ⁺⁶)	(mg/L)	0.3	-
YAĞ VE GRES	(mg/L)	10	-
pH	-	6-9	6-9
(Ek satır: RG- 24/4/2011-27914) Renk	(Pt-Co)	280	260

Hazır beton üretim tesislerinde AKM; artık betonun boşaltılması, transmikserlerin, karıştırma mikserinin yıkanarak temizlenmesi, araçların yıkanması, tesis saha temizlik suyunun ve yağmur suyunun sahadaki çamur, toz gibi malzemeleri içermesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Hazır beton üretiminden oluşan atıksuda pH, “çimento ile suyun tepkimesi sonucu oluşan kimyasal reaksiyon” anlamına gelen çimento ana bileşenlerinin hidratasyonu sonucu oluşmaktadır. Krom

kaynağı ise üretimde kullanılan çimentodur. Ayrıca, taze beton ile kalıp arasında oluşacak yapışmaları engellemek, kalıbın betondan daha kolay ayrılması ve düzgün yüzeyli beton elde edilmesi amacıyla kullanılan madeni veya mineral yağ esaslı kalıp ayırıcı sıvılar atıksuda belirli bir yağ konsantrasyonuna yol açmaktadır (Ağdağ 2016).

2.5 Hazır Beton Üretiminde Oluşan Atıksuyun Proseste Yeniden Kullanımı

Nüfus artışı, şehirleşme, gelişen ve artan sanayi, tarım faaliyetleri, küresel ısınma gibi nedenlerle su tüketimine dayalı olarak su ihtiyacı ve bu faaliyetler sonucu oluşan atıksu miktarı giderek artmakta ve su kaynakları hızla azalmaktadır. Buna bağlı olarak ayrıca tesislerin artan maliyet ve rekabet savaşı nedeniyle alternatif bir su kaynağı olarak arıtılan atıksular gündeme gelmektedir. Arıtılan atıksular; evsel kullanım, endüstriyel kullanım, tarımsal sulama amacıyla kullanılabilir. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ile su kaynaklarında tasarruf sağlanırken alıcı ortam suları, atıksu deşarjından korunarak yüzey sularının ve yeraltı sularının kirlenmesi önlenecektir (Polat 2013).

Sınırlı su kaynakları ve içme suyunun artan maliyeti nedeniyle endüstriler sürekli olarak daha az atık su üretmek aynı zamanda geri dönüştürmek, yeniden kullanmak veya mümkün olduğunca geri kazanmak için teşvik edilmelidir. İnşaat sektöründe, önemli miktarda içme suyu yıllık olarak tüketilmektedir. Bazı inşaatla ilgili faaliyetlerden kaynaklanan atık su, tüketim ihtiyaçlarının bir parçası olarak geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılırsa çok fazla tasarruf sağlanacak ve çevresel sürdürülebilirlik gerçekleştirilmiş olacaktır (Low ve diğ. 2007).

Ne yazık ki, performansa dayalı endüstriyel standartların eksikliği, sınırlı araştırma verileri ve uygun olmayan atık su yönetimi uygulamaları nedeniyle, beton yapımında geri dönüştürülmüş çimento esaslı bulamaç suyunun kullanımı yaygın olmamıştır (Low ve diğ. 2007). Ayrıca atıksu parametrelerinin geri dönüşüm sistemi çıkışında anlık olarak ölçülememesinden dolayı geri dönüşüm suyunun beton üretiminde %100 kullanılması mümkün olmayabilir (Koçar 2014).

Beton tesislerinde oluşan yıkama atıksularının mevcuttaki bertaraf yöntemleri içerisinde şantiyede boşaltma, doğaya gelişigüzel boşaltma, çöp alanlarına boşaltma, beton tesisindeki beton çökeltme havuzuna boşaltma, beton tesisindeki geri dönüşüm sistemine boşaltma gibi yöntemler bulunmaktadır.

Hazır beton santralindeki yağmur sularını biriktirerek ve kullanarak, atıksuları geri kullanarak ihtiyaç duyulan su miktarı azaltılabilir. Bunun için:

- Tesiste yağmur sularını, çamurlu su birikintisini toplamak için saha kanal ve drenaj ile kaplanabilir.
- Atıksular çökeltme çukurlarında/havuzlarında toplanabilir ve geri kullanılabilir (Coşgun ve Esin 2005).

Andaç ve Oral (2016) tarafından yapılan çalışmada incelenen tesislerde geri dönüşüm ünitesi bulunup bulunmadığı, geri dönüşüm ünitesi bulunan tesislerin üniteyi kullanma oranları, geri dönüşüm ünitesi bulunmayan tesislerin çökeltme havuzu bulunup bulunmadığı değerlendirilmiştir. Çalışmaya göre incelenen 260 tesisten %75.39'unda geri dönüşüm ünitesi bulunduğu ancak geri dönüşüm ünitesi bulunan tesislerden sadece %28.46'sının çok yüksek düzeyde kullandığı, %27.31'inin orta düzeyde, %19.62'sinin ise çok düşük düzeyde kullandığı gözlenmiştir. Çalışmaya katılan 260 tesiste, geri dönüşüm ünitesi bulunmayan ancak çökeltme havuzu bulunan tesis oranının %24.23, çökeltme havuzu bulunmayan tesis oranının %0.38 olduğu tespit edilmiştir. Tesislerde geri dönüşüm ünitesi yüksek oranda bulunsa da aktif olarak sürekli kullanılmadığı sürece suyun yeniden kullanımının yüksek oranda sağlanması beklenemez.

2.5.1 Beton Geri Dönüşüm Suyunun Kullanılması İçin Mevcut Yaklaşımlar:

2.5.1.1 Kademeli Çökeltme Havuzları

Hazır beton santrallerinde kullanılan kademeli çökeltme havuzlarında fiziksel çökeltme ile askıda katı maddelerin çökertilmesi sağlanmaktadır. Tipik bir çökeltme havuzu Şekil 2.3'te ve Şekil 2.4'te; şematik çizimi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

Çökeltme havuzları genel olarak 3 gözlü olmak üzere farklı göz sayılarında yapıp kullanılmaktadır ve gözler arasında su geçişi taşma/savaklanma yoluyla sağlanmaktadır. Gerek transmikser yıkama suları gerekse saha temizlik veya yağmur suları çökeltme havuzunun ilk boşaltma bölümünde toplanır ve bu göz en yüksek kirliliğe sahiptir. Çamurun büyük bir kısmı ilk gözde çökeldiği için ve buradan taşan kısmen arıtılmış sular ikinci göze savaklandığı için ikinci göz daha az kirliliğe sahiptir. Toplanan atıksular ilk bölümden ve ikinci havuz bölümünden savaklanarak son havuz bölümünde toplanmaktadır. Son havuzda ikinci havuzdan savaklanan sulardan oluştuğu için en az kirliliğe sahip havuzdur. Son bölümde havuzun içerisinde yer alan pompa sistemi ile çökeltim havuzu suyu temiz su ile seyreltilerek üretimde kullanılmaktadır.

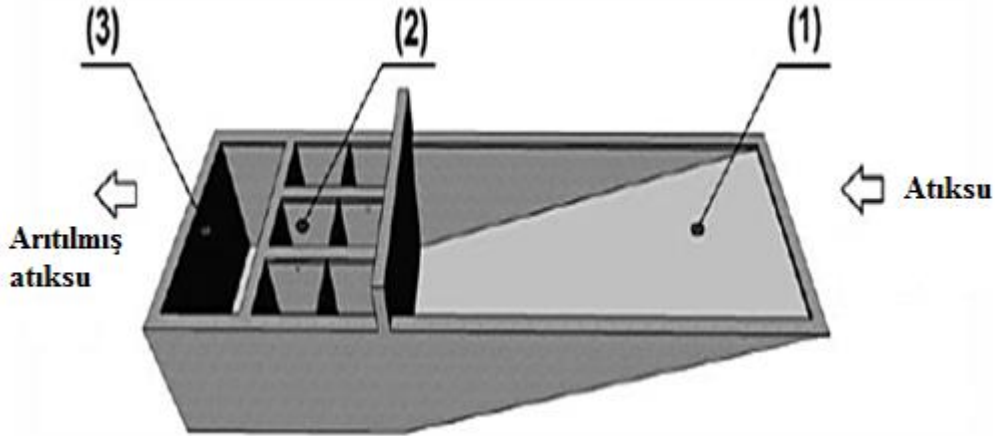
Güner (2018) çalışmasında; çökeltme havuzu son gözünde arıtılmış suyun birçok tesiste otomasyon sistemine entegre edilmiş olduğunu ve %10 atıksu - %90 temiz su karışımı ile hazırlanan karma suyunun üretimde kullanıldığını belirtmiştir. Ancak atıksu girişinin %10 olarak görünse de yıllık su kullanım miktarları incelendiğinde atıksu kullanım oranının %3 dolaylarında kaldığını belirtmiştir.



Şekil 2.3: Çökeltme havuzu örnek 1.



Şekil 2.4: Çökeltme havuzu örnek 2.



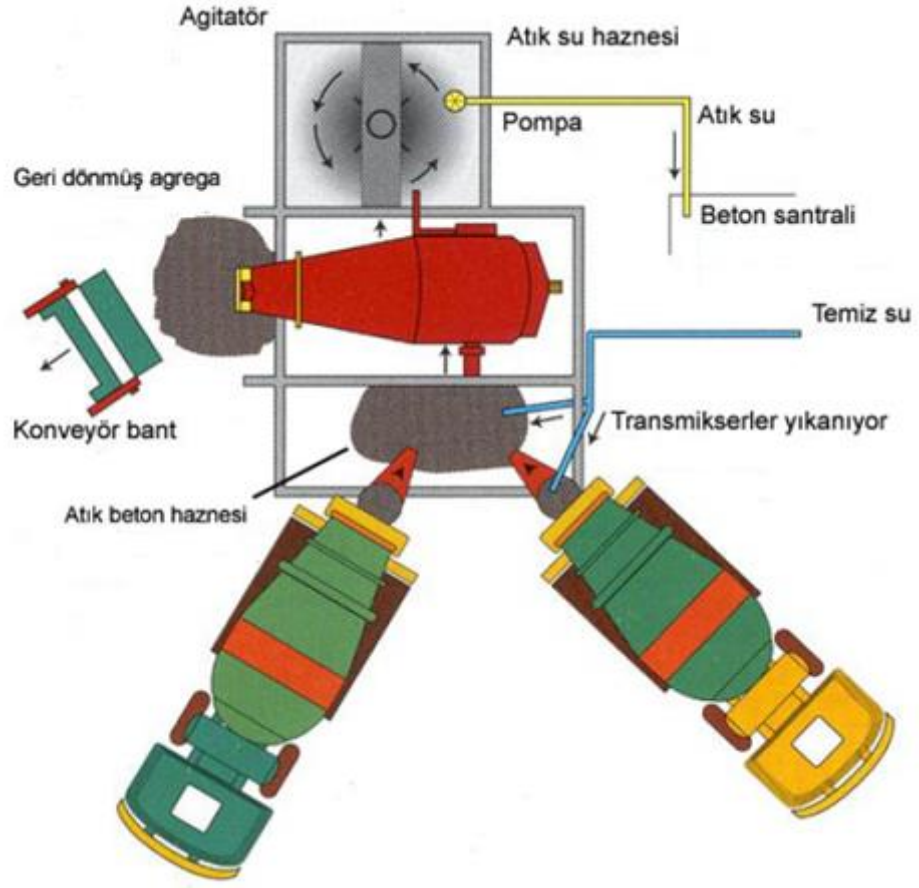
- 1) Atıksu giriş bölümü, 2) Orta çökeltme bölümleri 3)Çıkış bölümü

Şekil 2.5: Çökeltme havuzu şematik gösterimi.

2.5.1.2 Geri Dönüşüm Sistemleri

Beton geri kazanım ünitesi; transmikserler, beton pompaları, sabit mikserler ve beton taşıyıcı kovanlarındaki artı kalan betonun temizlenmesi sırasında ortaya çıkan atık suyun, agrega ve çimentonun ayrıştırılması ve bu bileşenlerin geri kazanılması için kullanılmaktadır (Coşkun 2007). Geri dönüşüm sisteminde taze betonun önce agrega ve çimento şerbeti birbirinden ayrılır. Agrega üretimde tekrar kullanılmak

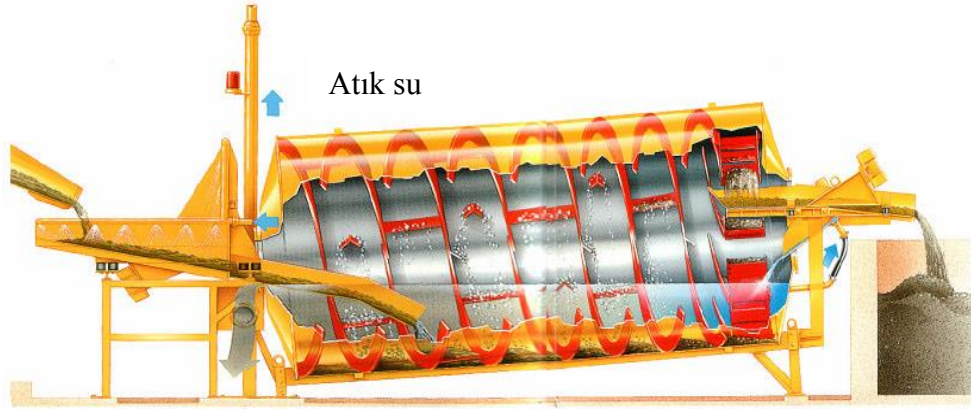
üzere depolanır. Çimento şerbeti ise, sistemde ayrıştırıcı havuz varsa, bu havuzda işlenip ince malzemenin çökmesi engellenerek, tekrar ve doğrudan üretime aktarılır ve hiçbir artık açığa çıkmaz. Geri dönüşüm ünitesinde ayrıştırıcı havuz yoksa, agregadan ayrılan çimento şerbeti tesisteki çökeltim havuzlarına aktarılır ve burada su ve çamur ayrıştırılır; elde edilen su tekrar üretimde kullanılırken, açığa çıkan çamur, atık olarak tasfiye edilir (Nallı 2006).



Şekil 2.6: Beton geri dönüşüm sistemi.

Transmikser veya beton pompası, artık betonu boşaltmak için yıkayıcı haznesine yaklaşır. Kazan içindeki betonun cidarlardan temizlenmesi ve seyreltilmesi amacıyla içerisine yeterli miktarda su alır. Seyreltilmiş olan artık beton, atık beton haznesine boşaltılır ve yıkayıcı içerisine gönderilir. Yıkayıcı içindeki helezonlar ile tahliye kovalarına taşınan agrega yıkanmış olarak stok bandına sevk edilir. Yıkayıcı haznesinde kalan çimentolu su ana depolama tankına alınır. Ana depolama tankı içindeki agitator(karıştırıcı) ile düzenli aralıklarla karıştırılan çimentolu su belirlenen oranlarda su kantarına aktarılır. Geri dönüşüm sisteminde agitator havuz yoksa agrega ayrıldıktan sonra çimentolu su sistemin devamındaki çökeltme havuzlarına

aktarılır. Çökeltme havuzlarında kademeli olarak çökeltilerek, çökeltme için gerekli bekleme süresi kadar bekletildikten sonra burada su ve çamur ayrıştırılır. Su tekrar üretimde kullanılmak üzere sisteme aktarılır; çamur ise atık olarak atık yönetim yönetmeliğine uygun olarak geri kazanım/bertaraf edilir (Demiryürek 2007). Atık betonun agrega, çimentolu su bileşenlerine ayrılmasını ve üretimde tekrar kullanılmasını sağlayan beton geri dönüşüm sistemi Şekil 2.6'da; agrega ile çimentolu suyu ayıran yıkama tamburu Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7: Atık beton yıkama tamburu (yıkayıcı).

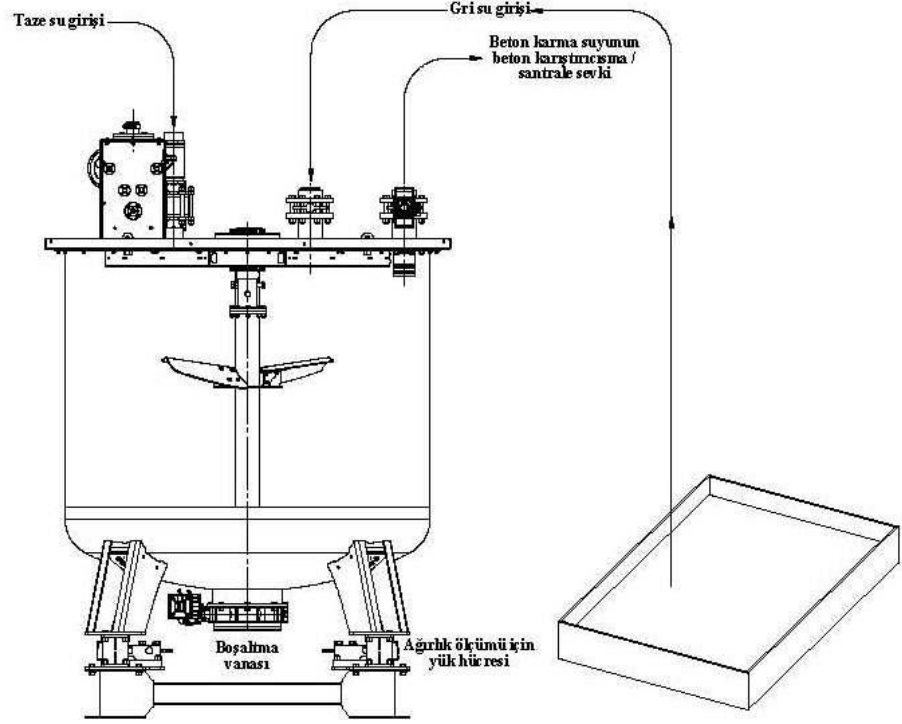
2.5.1.3 CLRS Geri Dönüşüm Sistemi

Transmikser, beton pompası ve diğer araçların yıkanması esnasında oluşan suya ek olarak tesiste oluşan tozun bastırılması için kullanılan su, tesisin zeminin temizliğinde kullanılan su ve hatalı üretilen betonu su havuzlarına yönlendirmek için kullanılan su gibi birçok kaynaktan gelen çimentolu suyun (bu suya gri su da denilmektedir) içeriğinde bulunan bileşenlerine (agrega, çimentolu su) ayrılması için geliştirilmiş yeni bir sistemdir. Geleneksel yöntemlerde geri kazanılmış suyun gerekli kullanım şartlarını sağlayıp sağlamadığı konusunun anlık olarak bilimsel ölçüme dayanmaması, tekrarlanılabilirliğinin zor olması, her şarjda alınan suyun bir öncekiyle aynı olmaması gibi nedenler beton kalitesini etkileme ihtimali olan değişkenlerdir (Koçar 2014). Uygulanan yöntemlerin başarılı olabilmesi için gri suyun safsızlık içeriğinin kütesini temsil ettiği kabul edilen yoğunluk ölçümünün doğru, hassas ve gerçek zamanlı olarak yapılması gerekmektedir. Fakat bilinen hiçbir

uygulama bunu sağlayamamaktadır. Bu sebeple geri dönüşüm suyunun kullanımı istenen düzeyde olamamaktadır.

Şen ve diğ. (2018) atık suyun askıda katı madde ve çözünmüş madde içeriğinin temsil ettiği kabul edilen yoğunluğu; doğru ve gerçek zamanlı olarak ölçülebilir, temiz su ile homojen olarak karıştırılarak istenen yoğunluk seviyesine getirilebilir ve beton üretiminde kullanılabilir ise tesislerdeki atık suyun %100 oranında geri dönüştürülebileceğini söylemişlerdir. Ayrıca geleneksel geri kazanım/geri dönüşüm sistemlerinde ölçümler gerçek zamanlı olmadığı ve numuneler karışımı tam olarak temsil etmediği için gri suyun ancak %10 - %40 oranında taze suya eklenerek kullanılabilirdiğini; yoğunluğun yeterli doğrulukta ölçülemediği, askıda ve çözünmüş madde ile taze su miktarları yeterli güvenilirlikte belirlenemediği için daha fazla miktarda kullanmanın mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Yeni sistem CLR-S, beton santrali otomasyon sistemi ile tümleşik çalışmaktadır. İşlemcileri vasıtasıyla gri ve temiz suları gereken oranlarda tekneye alarak homojenize etmekte ve hedeflenen yoğunlukta karışım suyunu hazırlamaktadır. Sistem; verileri toplamakta, beton santrali otomasyon sistemine bilgi vermekte, komut almakta, raporlamakta ve tesis tarafından belirlenen yoğunlukta suyu karıştırıcıdaki harmana yollamaktadır. Ölçüm değerini verilen sınırlar içinde kontrol etmekte, sınırların dışına çıkılması durumunda ikaz etmekte ve gerekirse sistemi durdurmaktadır. Şekil 2.8'de sistem parçaları ve çalışma şekli verilmiştir (Şen ve diğ. 2018).



Şekil 2.8: CLR-S geri dönüşüm sistemi, sistem parçaları ve çalışma şekli.

2.6 Atıksuyun Proseste Kullanımı Durumunda Beton Kalitesi

Karma suyu olarak kullanılacak su, TS EN 1008 madde 4.3.4'te verilen kimyasal özellikler veya madde 4.4'te priz süresi ve basınç dayanımı için verilen özellikleri de sağlamalıdır.

TS EN 1008, 4.4 priz süresi ve dayanım, maddesine göre; deneye tâbi tutulduğunda, uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresi, bir saatten daha az olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresine göre % 25'ten daha fazla sapma göstermemelidir. Priz bitiş süresi ise 12 saatten daha uzun olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz sona erme süresine göre % 25'ten daha fazla sapma göstermemelidir.

Uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton veya harç numunelerin 7 günlük ortalama basınç dayanımı, aynı yaşta deneye tâbi tutulan damıtık su veya deiyonize su ile hazırlanmış numune basınç dayanımının % 90'ından daha küçük olmamalıdır.

2.7 Literatür Özeti

Coşkun (2007) hazır beton tesisi geri dönüşüm ünitesinden alınan milli su ve çökeltme havuzlarından alınmış olan atıksu olmak üzere 2 farklı atıksu kaynağından temin edilen suları farklı oranlarda karıştırarak karma suyu olarak kullanmıştır. Karma suyunun karışım oranlarını %100 atıksu, %20 atıksu - %80 milli su, %40 atıksu - %60 milli su, %60 atıksu - %40 milli su, %80 atıksu - %20 milli su, %100 milli su olarak belirlemiş olup 6 farklı beton serisi hazırlamıştır. Hazırlanan beton karışımlarından küp numuneler alıp; taze betonda, çökme, birim ağırlık, beton sıcaklığı, hava miktarı deneyleri; sertleşmiş beton numunelerinde 2, 7 ve 28 günlük basınç deneylerini yapmıştır. Çalışmanın sonucunda; milli suyun, karışımın işlenebilme özelliğini fazla değiştirmedini, milli suyun miktarının artışına paralel olarak en iyi sonucu %60 atıksu- %40 milli su karışımının sağladığını ve basınç dayanımında belirgin artış görüldüğünü belirtmiştir.

Nallı (2006) beton üretiminde karma suyu olarak içme suyu ve atıksu kullanmıştır. İçme suyu içerisine %25, %50 ve %75 oranlarında atıksu karıştırarak 5 farklı beton üretmiştir. %100 içme suyu ve %100 atıksu kullanılan betonlara %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranlarında süper akışkanlaştırıcı katkı ilave ederek 8 tane katkılı beton hazırlamıştır. Hazırlanan bu karışımlarda taze beton sıcaklığı, çökme, taze beton birim ağırlığı ve hava miktarını belirlemiştir. Betonlardan küp numuneler yaparak 2, 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton basınç dayanım testlerini gerçekleştirerek süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlar ile süper akışkanlaştırıcı kullanılmayan betonları karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Çalışmasının sonucunda %100 içme suyu kullanılan betonların hem katkısız hem de süper akışkanlaştırıcı katkılı üretilen betonlarda en yüksek dayanımı gösterdiğini belirtmiştir. Elde edilen sonuçların, üretilen katkısız ve katkılı betonların ilgili Türk Standartlarına uygun olduğunu ve hazır beton santrali atıksuyunun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilceğini belirtmiştir.

Güner (2018) hazır beton santrallerinde ortaya çıkan ve kullanılmayan betonlar ile çökeltme havuzlarında toplanan çamur ve atıksuyun agrega ve geri dönüşüm suyu olarak tekrar kullanılma olanaklarını araştırmıştır. %30 oranında geri dönüşüm agregasından kullanarak ve çökeltme havuzu çıkış atıksuyunun

yoğunluğunu 1.04 g/cm^3 olarak sabitleyerek C25/30 ve C30/37 basınç dayanım sınıflarına ait beton numunelerini farklı şehirlerde yer alan iki tesiste hazırlamış ve TSE standartlarında belirtilen testleri yapmıştır. Sertleşmiş beton numunelerinde yapılan basınç dayanım testlerinde; ilk tesiste üretilen C25/30 sınıfı betonda 28 günlük basınç dayanım değerinin 30.2 MPa olup 30 MPa sınır değerini sağladığı, C30/37 sınıf betonda ise 28 günlük basınç dayanım değerinin 37 MPa olduğu ve 37 MPa sınır değerini sağladığı tespit edilmiştir. 2. tesiste üretilen beton numunelerinin basınç dayanım testleri sonuçlarının sınır değerlere yakın olduğu ancak sağlamadığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında beton santrallerinde oluşan atıksuyun tamamının sürekli olarak üretimde kullanımının mümkün olduğu tespit edilmiştir.

Coşkun ve diğ. (2017) çalışmalarında hazır beton tesislerinde oluşan atık suların beton üretiminde kullanılabilirliğini ve üretilen betona etkisini incelenmişlerdir. Kuyu suyu ve geri dönüşüm suyu ile üretilen betonların kıyaslaması yapılmıştır. Bu çalışmada su ve kum dışındaki bileşenler sabit tutularak, yoğunluğu 1 kg/L olan kuyu suyu, yoğunluğu 1.02 kg/L olan geri dönüşüm suyu kullanılarak beton numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunelerde taze beton deneyleri olarak; beton sıcaklığı, slump, birim ağırlık, hava miktarı; sertleşmiş beton deneyleri olarak 2, 7 ve 28. günlerde basınç dayanımı, klorür migrasyon katsayısı ve sülfata maruz kalan harçların potansiyel uzama tayini deneyleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmalarının sonucunda; geri dönüşüm suyu ve kuyu suyu ile hazırlanan beton karışımlarında taze betonun sıcaklık, birim ağırlık, slump ve hava miktarlarında önemli bir farklılık tespit etmemişler; her iki su ile hazırlanan beton karışımlarında sertleşmiş betonun 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının birbirine yakın sonuçlar verdiğini gözlemişler; her iki su ile hazırlanan beton karışımlarında sertleşmiş betona yapılan klorür migrasyon deney sonuçları ve her iki su ile hazırlanan harç numunelerine yapılan sülfata karşı direnç deneyi sonuçları kıyaslamasında afakî bir değere rastlamamışlardır.

Özkul ve Doğan (2016) bu çalışmada, hazır beton tesislerinde ortaya çıkan transmikser yıkama suyunun beton üretiminde karışım suyu olarak değerlendirilmesini incelemişlerdir. Karışım suyu yoğunluklarını 1.00 , 1.02 , 1.04 , 1.05 , 1.10 , 1.15 ve 1.20 kg/L olarak kullanarak hazırladıkları beton numunelerinde basınç dayanım testlerini, geçirimsizlik özelliklerinin belirlenmesi için kılcallık

deneylerini yapmışlardır. Basınç dayanım deneyleri 3, 7 ve 28. günlerde, kılcallık deneyleri ise 28. günde gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarında, yoğunlukları 1.05 kg/L değerinin altında olan yıkama suyu kullanılarak üretilen beton karışımlarının basınç dayanımı, işlenebilirlik ve kılcallıklarının yeterli seviyede kaldığını tespit etmişlerdir. Katı maddenin doğal kum ile yer değiştirmesi durumunda erken basınç dayanımının (3 günlük) artış gösterdiğini, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında önemli bir azalma oluşmadığını, yıkama suyunun betonda kullanımının, atık malzemenin geri dönüşümü yanında yüksek erken basınç dayanımı ihtiyacının karşılanmasının da sağladığını belirtmişlerdir. Yıkama suyu içerisindeki katı maddenin çimentonun bir kısmı ile yer değiştirmesi durumunda artan su/çimento oranı nedeniyle her yaşta dayanım kaybı meydana geldiğini söylemişlerdir.

Yılmaz ve diğ. (2016) yapmış oldukları çalışmada hazır beton tesisleri, mermer işleme tesisi, kum ocağı eleme yıkama tesisleri gibi benzer özelliklere sahip 11 tesis olmak üzere farklı sektörlerde oluşan atıksuların çökeltme havuzlarında çökeltimi sağlandıktan sonra proseste tekrar kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Çökeltim havuzu çıkışından alınan numunelerde öncelikle SKKY Tablo 7.5'e göre (parametreler: AKM, krom, yağ ve gres, pH) alıcı ortama deşarj kriterlerine uygunlukları incelenmiş ve sadece çökeltim işlemi yapılarak da suların deşarj kriterlerini sağladığı tespit edilmiştir. Beton üretim tesisleri için çökeltme havuzu çıkış suları TS EN 1008 standardına göre beton testleri hariç olmak üzere değerlendirilmiş ve çalışmanın sonucunda çökeltme havuzu çıkış sularının beton karma suyu olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Ekolu ve Dawneerangen (2010) çalışmalarında hazır beton tesisi çökeltme havuzundan alınan atıksuyu ve şebeke suyunu kullanarak, %0, %30, %50 ve %100' lük geri dönüştürülmüş atıksu karışımları ile hazırladıkları karma suyu ile beton numuneleri yapmışlardır. Beton numunelerde 7 ve 28 günlük basınç dayanım testleri, çökme testleri, yoğunluk testleri gerçekleştirmişlerdir. Geri dönüşüm suyu için elde edilen değerler SANS 51008'de belirtilen limit değerleri karşılarken, Ulusal Su Yasasına göre belediye yağmur suyu kanallarına deşarj limitleri ile karşılaştırıldığında; pH, iletkenlik, karbonatlar, kalsiyum ve TDS değerleri, istenen maksimum sınırların üzerindedir. Bu nedenle deşarj edilmeden arıtılması gerekmektedir. Karma suyundaki geri dönüştürülmüş suyun miktarı arttıkça basınç

dayanımında bir artış gerçekleşmiştir. Beton, harçlarda olduğu gibi mukavemette bir artış göstermemiş ancak tüm beton karışımları, kontrol mukavemetinin en az %90'ını elde etmiştir. Gözlemler ve test sonuçları, geri dönüştürülmüş suyun, özellikleri üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açmadan beton için karma suyu olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Vieira ve Figueiredo (2016) çalışmalarında hazır beton tesislerinde atık betonun agrega ve su olarak beton üretiminde yeniden değerlendirilebilmesi için kullanılan tambur tipi ve döner elek tipi ekipman olarak adlandırılan, farklı malzeme ayırma sistemlerine sahip iki geri kazanıcının değerlendirilmesine odaklanmışlardır. Geri kazanılan malzemelerin (su ve agregalar) uygulanabilirliği laboratuvarında ve endüstriyel ölçekte de değerlendirilmiştir. Kullanılan iki tip geri dönüşüm ürünü ile elde edilen sonuçlar benzer sonuçlar vermiş ve anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Analiz sonuçları, işlenmemiş bulamacın(çimentolu su karışımı) kullanımının, betonun mukavemeti ve işlenebilirliği üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle uygulanabilir olmadığı sonucuna varmışlardır. Geri kazanılan agregaların kullanımı, betonun işlenebilirlik koşullarını sağlamak için su talebi ve çimento tüketiminde artışa neden olur. Bu nedenle, kullanımları, 25 MPa' dan düşük karakteristik güçlü betonlarla sınırlıdır.

Klus ve diğ. (2017) beton santralinden oluşan çamur suyunu %20 ve %50 oranında karma suyu ile karıştırarak çimento bileşiklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve termal özellikleri deneylerini yapmışlardır. Çimento bileşikleri ile ilgili bu deneysel araştırmayı, ČSN EN 1008'e göre yapmışlardır. Eğilme dayanımı ve basınç dayanımı tayini, test örneklerinin 1, 3, 7 ve 28 günlük yaşından sonra gerçekleştirmişlerdir. Karışım suyunda %20 oranında beton santrali çamur suyunun kullanılması halinde çimento harcı kıvamındaki değerin %2.5 ve %50 ikame durumunda % 14 oranında çimento harcı kıvamındaki değerin azaldığı; ilk priz, saf su kullanıldığında ilk priz ile karşılaştırıldığında, yaklaşık 15 dakika kadar hızlandığı; yedi gün sonra kirişlerin ucundaki eğilme dayanımının ve basınç dayanımının arttığı; test numunelerinin 28. gününden sonra bükülme mukavemetine eşit olduğu; test numunelerinin 28. günden sonra kirişlerin sonundaki basınç dayanımının arttığını belirtmişlerdir.

Paula ve arkadaşları (2016) çalışmalarında, iki kimyasal koagülant, alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) ve demir klorür ($FeCl_3$) ve doğal bir pıhtılaştırıcı olan Moringa oleifera (MO), bunların çözünebilir formlarında beton santrallerinden oluşan atık suyun arıtma etkinliğini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, üç pıhtılaştırıcının, farklı oranlarda kombinasyonlarla verimliliğini incelemişlerdir. Pıhtılaştırıcıların çözünebilir formdaki kullanımı, pıhtılaştırıcı proteinin ekstraksiyonunu arttırdığı için, özellikle MO ile arıtmanın, beton atıksu arıtımının verimliliğini arttırdığını ve arıtılan atık suyun tüm kaliteyi karşıladığını söylemişlerdir. MO hacmi %40'a eşit veya daha büyük olan dozajlar için pH hariç, %20 MO ve %80 $Al_2(SO_4)_3$ karışım oranında, beton atık suyundaki pH, bulanıklık, klorür konsantrasyonu ve alkalinitenin azaltılması için en iyi sonuçları gösterdiğini, çökeltimin 60. dakikasında bulanıklığın % 97.5'nin bertaraf olduğunu söylemişlerdir. $FeCl_3$ 'ün, korozyon sorunlarına neden olabilecek yüksek bir klorür konsantrasyonu ürettiği ve bu nedenle beton atıksu arıtımı için önerilmediğini belirtmişlerdir. Sadece MO kullanımında; bulanıklığı gidermiş, partikülleri sürükleyerek ve şarj nötralizasyonu ile kloritlerin konsantrasyonunu azaltmıştır. Bununla birlikte, alkalinite ve sertliğin azaltılması için aynı etkinlik bulunmamıştır. Ek olarak, sadece MO ile arıtma kimyasal koagülantlar tarafından elde edilen aynı seviyeleri elde etmek için daha uzun bir çökeltme süresi gerektirmiştir(en azından 60 dakika). Elde edilen sonuçlardan, beton atıksuyunun arıtılması için bir koagülasyon yardımcısı olarak MO kullanımının çok umut verici olduğu sonucuna varmışlardır.

Coşgun ve Esin (2005) yaptıkları çalışmada Türkiye'deki hazır beton üretimindeki çevre yönetimi uygulama seviyeleri ve metotları belirlenmiştir. Bu kapsamda 24 tesis; kaynak ve enerji tüketimi, emisyon önlemleri, su ve atık beton yönetimi, gürültü kontrol ve bahsi geçen düzenlemelerin denetimi konularında 26 soruda incelenmiştir. Gözlenen tesislerin çoğunda (%97) çökeltme havuzları olduğu çamurlu su birikintisinin yüzey suları ile birlikte çökeltme havuzlarına gittiği, birkaç tesiste uzun mesafelerde yüzey çamurlu suyunun kanallar ile toplandığı gözlenmiştir. Çalışma kapsamındaki tesislerin sadece %8'inde pH seviyesinin korunduğu gözlenmiştir.

Paula ve Ilha (2014) çalışmalarında beton santrali atıksuyunun kalitesini ve işilemeyen uygulamalara yönelik arıtımını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu

çalışmada incelenen beton santralinde arıtma sistemi; atık su giriş tankı, altı çökeltme odası ve atık su çıkış tankından oluşmaktadır. Kalite testleri için su numuneleri: (1) giriş bölmesi, (2) çökeltme odalarından biri ve (3) çıkış bölgesinden, kuru mevsimde ve yağmurlu mevsimde olmak üzere 2 ayrı dönemde alınmış ve kalite testleri kapsamında; renk, bulanıklık, kalıntı klor, termo toleranslı koliformlar, klorür, çözülmüş oksijen, alkalinite, sertlik ve amonyak, demir ve klorür konsantrasyonları testleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda beton atıksu kalitesinin, tesiste içilemeyen yeniden kullanım için ek arıtmaya ihtiyaç duyduğunu, içme suyu kalitesinde yeniden kullanım için; pH, görünür renk ve bulanıklığın arıtılması gerektiğini tespit etmişlerdir. Nihai içilemeyen kullanımlar için, alkalinite ve sertliği düzeltmeye de ihtiyaç vardır. Bu nedenle, tesiste içilemeyen kullanım için, en azından pıhtılaşma ve pH düzeltilmesinin arıtma sürecine eklenmesi gerektiğini söylemişlerdir.

Klus ve arkadaşları (2017) beton üretimi sırasında atık su oluşumunun özelliklerinin test edilmesiyle ilgili bir araştırma yapmışlardır. Bu atık suyun, beton üretimi sırasında karma suyunda belli oranlarda kullanılması amacıyla test sonuçları, ČSN EN 1008'e göre beton karma suyunun sınır değerleri ile karşılaştırmışlardır. Araştırma kapsamında 2 tip örnek (beton karıştırıcıdan çamur suyu ve saf karışım suyu) almışlardır. Numuneler 1 çalışma günü içinde 5 zaman aralığında alınmıştır. Beton santralinden gelen atık suyun bileşimi gün içinde değişir ve doğrudan beton santralinde üretilen betonun türüne bağlıdır, bu nedenle alınan 5 numunenin ortalama değerleri değerlendirilmiştir. Atık su çamurunun mineralojik bileşimi, klorürler, sülfatlar, nitratlar, pH, sıcaklık ve iletkenlik testleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda ČSN EN 1008'de belirtildiği gibi beton karışım suyunun gereksinimlerini karşıladığı tespit edilmiştir.

Low ve diğerleri (2007) tarafından yapılan çalışmada, beton üretim tesislerinden alınan farklı su özelliklerine sahip su numuneleri, BS EN 1008:2002 kabul kriterlerine göre, beton testinde; beton priz süresi, su talebi, taze ve sertleştirilmiş beton özelliklerine, çamur suyunun etkilerini incelemek için kullanılmıştır. Araştırma sonucu çimento bazlı atık su kullanılarak betonun tatminkar bir şekilde gerçekleştirilebildiğini göstermiştir. Kullanılan bulamaç suyunun yoğunluğu 1.03'ten daha az olduğunda çimento hamurunun priz zamanının gereklilikleri sağladığı; yoğunluğun 1.02'nin üstünde olması durumunda su

ihtiyacının önemli oranda arttığı; yoğunluğun 1.04 olması durumunda benzer kıvamlı bir harç üretmek için gerekli musluk suyu ihtiyacının %20 arttığı; beton için ise, yoğunluğu 1.02'ye kadar olan bulamaç suyu kullanıldığında beton çökme kaybının kontrol numunesi ile benzer olduğu, 1.03'lük bulamaç suyu kullanıldığı zaman işlenebilirliğin % 70'e kadar azaldığı belirtilmiştir. Sertleşmiş betonun basınç dayanımı açısından, 1.02'ye kadar olan çamur suyu kullanılarak üretilen beton, 7. ve 28. günlerde basınç dayanımının % 90'ının şartname ihtiyacını karşılayabilmiştir. Artan bulamaç konsantrasyonunun, özellikle 1.03'ün üzerindeyken, su ihtiyacında ve belli bir oranda su içeriği ve katkı dozajının kontrol edilmesinde güçlükle sonuçlandığından, beton karışımının işlenebilme ve priz süresinin etkilenmemesi için karışım tasarımında dikkatli ayarlamalar yapılması zorunludur.

Asadollahfardi ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada, hazır beton kamyonlarından ve beton santrallerinden beton yıkama suyu örnekleri alınmış ve beton numuneleri üretmek için 5 tip su: %100 musluk suyu, %70 musluk suyu-%30 beton yıkama suyu, %50 musluk suyu -%50 beton yıkama suyu, %30 musluk suyu-%70 beton yıkama suyu ve %100 beton yıkama suyu hazırlanmıştır. Su örnekleri ile oluşturulan beton numunelerinde basınç dayanımı, çökme, betonun fleksural 42 gün mukavemeti, 28 günlük gerilme mukavemeti; 1, 3, 7, 28, 56 ve 90 günlük basınç dayanımı ve basınç altındaki suyun penetrasyon derinliği testleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; %50 musluk suyu ve %50 beton yıkama suyu ile yapılan örnekler ve %70 beton yıkama suyu artı %30 musluk suyu ile yapılan numuneler maksimum priz süresine sahipti. %30 beton yıkama suyu ve %70 musluk suyu ile yapılan örnekler ve % 100 musluk suyu ile yapılan örnekler minimum priz süresine sahipti. Çimento harçlarının 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı,%50 musluk suyu ve %50 beton yıkama suyu ile yapılan örneklerin maksimum basınç dayanımına sahip olduğunu göstermiştir. Tüm örneklerin işlenebilirliği (çökme testi) 12 cm ile 15 cm arasında değişmiştir. Beton yıkama suyunun örneklerin basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir. Özet olarak sonuçlar taze beton üretiminde kullanılacak beton yıkama suyunun uygulanabileceğini göstermiştir.

3. METARYAL VE METOD

Bu çalışmada; hazır beton üretimi yapan 10 adet farklı tesisten atıksu numuneleri alınarak öncelikle SKKY'ne göre deşarj kriterlerini sağlayıp sağlamadıklarını, bu atıksuların alıcı ortama deşarj edilmelerinin uygun olup olmadığını değerlendirebilmek için TÜRKA'K'tan akredite ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığından Yeterliği olan bir laboratuvar Gümüşsu Arıtma Tesisleri San. ve Tic. A.Ş.'de su analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hazır beton üretim tesislerinde oluşan atıksuların(evsel atıksular hariç) geri dönüşümü için kullanılan çökeltme havuzlarının göz sayısının arıtma verimine etkisinin değerlendirilebilmesi için 6 ayrı tesisten, çökeltme havuzu son bölümünden (deşarj suyundan) ve son bölümden bir önceki gözden su numuneleri alınarak SKKY'ne göre analizleri gerçekleştirildi. Son olarak çökeltme havuzları çıkış sularının hazır beton üretiminde karma suyu olarak tekrar kullanımına uygun olup olmadığını değerlendirmek için 10 ayrı tesisten alınan su numunelerinin tamamı TS EN 1008'e göre su kalitesi açısından ve 10 tesis içinden seçilen 5 tesisten alınan su numuneleri ayrıca beton kalitesi açısından incelendi. Su kalitesi için gerekli analizler Gümüşsu Arıtma Tesisleri San. ve Tic. A.Ş.'de beton kalitesi için gerekli beton testleri Akça Hazır Beton San. Ve Tic. A.Ş. beton kalite laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 10 tesis içinden seçilen 5 tesisten alınan su numunelerinden C30/37 sınıfında beton üretilerek aynı beton sınıfında saf su ile üretilmiş olan beton ile karşılaştırılmıştır. Çalışma yapılan tesisler 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 olarak adlandırılmıştır. Tez kapsamında yapılan çalışma Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

3.1 İncelenen Tesislerin Tanıtımı

Bu çalışma kapsamında incelenen 10 tesisin her biri, sadece hazır beton üretimi faaliyeti yapmaktadır. İncelenen tesislerin kapasiteleri, çökeltme havuzları göz sayıları, geri dönüşüm suyu kullanım durumları Tablo 3.2 de yer almaktadır.

Tablo 3.1: Tez kapsamında yapılan çalışma.

Tesis adı	SKKY'ye göre çökeltme havuzu son gözünden, su analizleri	SKKY'ye göre çökeltme havuzu bir önceki gözden su analizleri	TS EN 1008'e göre su analizleri	Beton testleri yapılan tesisler
1 nolu tesis	√	√	√	
2 nolu tesis	√	√	√	
3 nolu tesis	√	√	√	
4 nolu tesis	√		√	
5 nolu tesis	√	√	√	√
6 nolu tesis	√		√	
7 nolu tesis	√	√	√	√
8 nolu tesis	√		√	√
9 nolu tesis	√	√	√	√
10 nolu tesis	√		√	√

Tablo 3.2: İncelenen hazır beton tesislerinin kapasiteleri, çökeltme havuzları göz sayıları, geri dönüşüm suyu kullanım durumları.

Tesis adı	Kapasitesi (m ³ /yıl)	Çökeltme havuzu göz sayısı (adet)	Geri dönüşüm suyunun proseste kullanım durumu
1 nolu tesis	118500	3	Hayır
2 nolu tesis	13450	3	Hayır
3 nolu tesis	250000	3	Evet
4 nolu tesis	225734	3	Hayır
5 nolu tesis	144000	3	Evet
6 nolu tesis	97800	2	Hayır
7 nolu tesis	180000	3	Evet
8 nolu tesis	102000	3	Evet
9 nolu tesis	55000	3	Evet
10 nolu tesis	200000	3	Evet

İncelenen tesislerde yer alan farklı göz sayılarına sahip çökeltme havuzunu gösterir fotoğraflar Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: 3 gözlü çökeltme havuzu.



Şekil 3.2: 2 gözlü çökeltme havuzu.

Hazır beton üretimi gerçekleştirilirken transmikser, beton pompası ve diğer araçların yıkanması, transmikser karıştırma haznesinin içinin yıkanması, karıştırma mikserinin içinin yıkanması, hazır beton tesis sahasından yağmur suyu akışından, tesis zemin temizliğinden, hatalı üretilen betonun su havuzlarına yönlendirilmesinden, ve benzer birçok işlemde su kullanılmakta ve bu kullanımların sonucunda da atıksu oluşmaktadır. İncelenen tesislerden atıksu oluşum noktalarından örnek fotoğraflar Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Transmikser karıştırma haznesinin yıkanması ile oluşan atıksu.



Şekil 3.4: Karıştırma mikserinin yıkanması ile oluşan atıksu.



Şekil 3.5: Hazır beton tesis sahasından yağmur suyu akışından oluşan atıksu.

Hazır beton üretimi kaynaklı atıksuların çökeltme havuzunda çökeltimi sağlandıktan sonra geri dönüşüm suyunu proseste kullanan tesislerde pompa ile su, su tankına basılmakta oradan da karıştırma mikseri ve üretim prosesine verilmektedir. Geri dönüşüm suyunu üretim prosesine veren, çalışma kapsamında incelenen hazır beton tesislerinden örnek gösterim Şekil 3.6'da yer almaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.6: Geri dönüşüm suyunun üretim prosesine basılması (a) çökeltme havuzu su terfi pompası (b) karma suyu tankı (c) geri dönüşüm suyunun beton karma mikserine verilmesi.

3.2 Analitik Yöntemler

3.2.1 SKKY'ye Göre Gerçekleştirilen Analizler

3.2.1.1 Askıda Katı Madde Analizi

Askıda katı madde tayini Standart Metod, 2540-D kapsamında gerçekleştirilmiştir. 0.45µ, 47 mm çaplı selüloz asetat filtre kağıdı 30 dakika etüvde kurutulur ve desikatöre alınarak sabit tartıma gelince darası alınır (İlk tartım-A, mg). Filtre düzeneğine filtre kağıdı yerleştirilir, distile suyla ıslatılır ve vakumlamaya başlanır. Alınan numune filtre kağıdı üzerine belirli miktarda (V, ml) dökülür ve vakum yapılarak süzülür. Süzme işlemi bittikten sonra filtre 3 kez 10 ml distile su ile yıkanır, bir miktar distile suyla çeperler yıkanır ve filtrasyonun bitmesinden sonra 3 dakika kadar daha vakum pompası çalıştırılmaya devam edilir. Filtrasyon cihazından filtre kağıdı dikkatlice uzaklaştırılır ve tartma kabına alınır. Etüvde 103 - 105°C'de en az 1 saat kurutulur. Sabit ağırlık ve sıcaklığa gelinceye kadar desikatörde soğutulur ve tartımı alınır (İkinci tartım-B, mg). Sabit bir ağırlık elde edilene kadar veya iki seri arasında meydana gelen ağırlık farkı 0.5 mg'dan az olana kadar tekrarlanır.

Askıda katı madde miktarı (3.1) eşitliği ile hesaplanabilir.

$$AKM \text{ (mg/L)} = [(\text{İkinci tartım (B)} - \text{İlk tartım (A)}) \times 1000] / V \quad (3.1)$$

3.2.1.2 Krom(Cr⁺⁶) Analizi

Krom analizi Standart Metod, 3500 Cr B kapsamında gerçekleştirilmiştir. 100 ml'lik balon jojeye çizgisine kadar numune ve şahit numune için distile su ile doldurulur. Numune ve şahit numuneye 5'er damla H₃PO₄ ilave edilir. (pH 2±0.5 değilse 0.2 N H₂SO₄ ile ayarlanır). 2 ml difenilkarbazid çözeltisinden ilave edilip, karıştırılır. 5-10 dk. renk gelişimi beklenir. Spektrofotometre 540 nm' ye ayarlanıp

şahit numune ile sıfırlanır ve numunenin absorbands değeri okunarak kalibrasyon eğrisinden konsantrasyonu bulunur. (Kalibrasyon eğrisi, değeri bilinen 5 standart çözelti ile çizilir. Konsantrasyona karşılık Abs değeri ile çizilen kalibrasyon eğrisi üzerinden, numunelerin konsantrasyonları tespit edilir.)

3.2.1.3 Yağ Gres Analizi

Yağ gres analizi, Standart Metod 5520-B kapsamında gerçekleştirilmiştir. Numune 1/1 sülfürik asit (H₂SO₄) ile pH 2 veya daha düşük olana kadar asitlendirilir. 1000 ml numune ayırma hunisine aktarılır. Dikkatlice numune kabı 30 ml çözügen(Hekzan(C₆H₁₄)) ile ekstraksiyon yapılır ve ayrılan tabaka (çözügen yıkaması) behere ayrılır. Yukarıdaki işlem en az 3 kez yapılır ve fazlar aynı kaptan toplanır. Toplanan çözügen tabaka filtre kağıdı ve bir miktar sodyum sülfat (Na₂SO₄) içeren bir huni içerisinden behere(temiz bir beher etüvde en az 30 dakika kurutulur, sonra desikatöre alınır ve sabit tartıma gelince darası alınır(A, mg)) akıtılır. Toplanan numune 85°C'de su banyosundaki beherde damıtılır. Görülebilir çözügen(Hekzan(C₆H₁₄)) yoğunlaşması durduğunda, beher su banyosundan uzaklaştırılır. Beher 85 °C etüvde en az 1 saat kurutulur. Desikatörde sabit tartıma gelene kadar bekletilir ve tartılır(B, mg).

Bu metotla tayin olunan yağ ve gres miktarı (3.2) eşitliği ile hesaplanır.

$$\text{Yağ ve Gres (mg/L)} = [(\text{İkinci tartım (B)} - \text{İlk tartım (A)}) \times 1000] / V \quad (3.2)$$

3.2.1.4 pH Analizi

Bu analiz Metod,4500-H+B kapsamında yapılmıştır. Numune ve standartlar kullanımdan önce 25 °C de olmalıdır. Elektrotlar ve numuneyle etkileşimde olan ekipmanlar distile suyla yıkanır. Beher içerisine bir miktar numune koyulur. Beher manyetik karıştırıcıya koyulup elektrotları içine daldırılır. Numune homojenliği sağlamak için sürekli ancak karbon dioksit tutulmasını engellemek için yavaşça karıştırılır. pH metre sabitlendiğinde değer okunur.

3.2.1.5 Renk Analizi

Renk tayini Standard Metod 2120 C'ye göre yapılmıştır. Numunenin pH'ı kontrol edilir. Eğer pH 4-10 aralığı dışındaysa pH 7'ye ayarlanarak not edilir. Doğru bir renk ölçümü için numunenin mutlaka filtre edilmesi gerekir. Filtreden en az 50 ml su geçirildikten sonra nüçe erleni boşaltılır. Filtreden en az 100 ml numune geçirildikten sonra nüçe erleni boşaltılır. Filtreden en az 100 ml numune geçirildikten sonra nüçe erlenindeki numune behere aktarılır. Numuneye gerekli seyreltmeler yapılır. Spektrofotometre 456 nm' ye ayarlanır, distile suyla sıfırlanarak absorbans okunur ve kalibrasyon eğrisinden konsantrasyonu bulunur. (Kalibrasyon eğrisi, değeri bilinen 5 standart çözelti ile çizilir. Konsantrasyona karşılık Abs değeri ile çizilen kalibrasyon eğrisi üzerinden, numunelerin konsantrasyonları tespit edilir.)

3.2.2 TS EN 1008'e Göre Gerçekleştirilen Su Analizleri

3.2.2.1 Ön Muayene Analizleri

Ön muayene analizleri TS EN 1008'e göre gerçekleştirilmiştir. Su numunesi, alındıktan sonra en kısa süre içerisinde; sıvı ve katı yağlar, deterjanlar, renk, askıdaki katı madde, koku, pH ve organik madde bakımından incelenmelidir. 100 ml'lik ölçülü silindir içerisine, 80 ml numune boşaltılır. Silindir kapatılır ve 30 saniye çalkalanır. Numuneden, temiz su kokusundan farklı koku çıkıp çıkmadığı kontrol edilir. Koku konusunda herhangi bir şüphe duyulursa, su, içme suyu ile ilgili millî standard veya şartnemelere göre koku seviyesinin tayini için deneye tâbi tutulur. Suyun koku seviyesi, içme suyu için kabul edilen en yüksek koku seviyesinden daha düşük olmalıdır. Ölçülü silindir içerisindeki su yüzeyinde köpük oluşup oluşmadığına bakılır ve 2 dakika sonra, köpük kalıp kalmadığı ve herhangi bir sıvı veya katı yağ belirtisi olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra ölçülü silindir, titreşim olmayan uygun bir yere konularak 30 dakika bekletilir. 30 dakika bekletilmenin sonunda, tabanda çöken katı maddenin görünür hacmi ve suyun rengi kaydedilir. Turnusol kağıdı veya pH metre kullanılarak suyun pH değeri ölçülür.

Suya 0.5 ml hidroklorik asit ilâve edilerek, hidrojen sülfür bulunup bulunmadığı deneyle veya koklamak suretiyle belirlenir.

3.2.2.1.1 Organik Madde Analizi

Ön muayene analizlerinden organik madde analizi TS EN 1008'e göre gerçekleştirilmiştir. 5 ml numune, deney silindiri içine koyulup kapalı ortamda bekletilerek sıcaklığının 15-25 °C aralığına gelmesi beklenir. Numune üzerine 5 ml %3 (m/v)'lük sodyum hidoksit çözeltisi ilâve edilip çalkalanır. Bir saat beklendikten sonra oluşan renge bakılır. Sodyum hidoksit ileve edildikten sonra nitel olarak belirlenen renk, sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.

3.2.2.1.2 Askıda Katı Madde Analizi

Ön muayene analizlerinden askıda katı madde analizi TS EN 1008 EK A, A.4.4'e göre gerçekleştirilmiştir. Geri kazanılmış su içerisinde bulunan katı madde kütlesi, su yoğunluğu esas alınarak Tablo 2.6'da verilen değerlere göre tahmin edilir. Katı madde miktarı ve su miktarı, beton karışım oranları belirlenirken dikkate alınmalıdır.

3.2.2.2 Klorür Analizi

Klorür analizi Standard Metod 4110 B metodu temel alınarak İyon Kromatografi cihazında gerçekleştirilmiştir. Analize başlamadan önce numune, ön yıkamadan geçirilmiş olan 0.45 µm gözenek çapına sahip filtreden süzülerek partiküllerinden arındırılır. Su numunesi, eluent akımının içine enjekte edilir ve seri iyon değiştiricilerden geçirilir. Analizlenecek olan anyonlar, düşük kapasite ve kuvvetli anyon değiştirici (ön kolon ve ayırma kolonu) için eğilim kapasitelerine göre ayrılırlar. Ayrılan anyonlar, eluent iletkenliğinin sürekli baskılanmasını ve analit yanıtın arttırılmasını sağlayan supresöre gönderilir. Supresörde eluent iletkenliği büyük ölçüde düşerken, ayrılan anyonlar yüksek iletkenlikteki asit formlarına dönüşürler. Asit formlarına ayrılan anyonlar, iletkenlikleri sayesinde ölçülürler.

Standartlarla karşılaştırılarak tutulma zamanına göre tanımlanırlar. Miktarları ise; pik alanı veya yüksekliğine göre belirlenir. Kalibrasyon eğrisi, değeri bilinen 5 standart çözelti ile çizilir. Konsantrasyona karşılık pik alan değeri ile çizilen kalibrasyon eğrisi üzerinden, numunelerin konsantrasyonları tespit edilir.

3.2.2.3 Sülfat Analizi

Sülfat analizi Standard Metod 4110 B metodu temel alınarak İyon Kromatografi cihazında klorür analizi ile aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Analize başlamadan önce numune, ön yıkamadan geçirilmiş olan 0.45 µm gözenek çapına sahip filtreden süzülerek partiküllerinden arındırılır. Su numunesi, eluent akımının içine enjekte edilir ve seri iyon değiştiricilerden geçirilir. Pik alanı veya yüksekliğine göre miktar belirlenir. Kalibrasyon eğrisi, değeri bilinen 5 standart çözelti ile çizilir. Konsantrasyona karşılık pik alan değeri ile çizilen kalibrasyon eğrisi üzerinden, numunelerin konsantrasyonları tespit edilir.

3.2.2.4 Alkali Analizi

Betonda alkali-reaktif agrega kullanım ihtimali olması durumunda suyun alkali içeriği tayin edilmelidir. Bu araştırma kapsamında incelenen 10 tesisin tamamında yetkililerce alkali-reaktif agrega kullanılmadığı beyan edilmiştir. Bu nedenle su numunelerinde alkali tayini yapılmamıştır.

3.2.2.5 Fosfat Analizi

Fosfat analizi TS 7886 standardına göre gerçekleştirilmiştir. En fazla 0.6 mg fosfat içeren 100 ml'lik numuneye 1 damla fenolfitaleyin indikatör çözeltisi eklenir. Numunenin renginin pembeye dönmesi halinde pembelik kayboluncaya kadar kuvvetli asit çözeltisi ilave edilir.

4 ml molibdat çözeltisi ve 10 damla 0.5 ml kalay II klorür çözeltisi eklenerek her ilave sonrası iyice karıştırılır. 10-12 dakika içerisinde bütün tayinler, renk

fotometrik olarak 690 nm dalga boyunda ölçülüp kalibrasyon eğrisine uygulanarak sonuçlar elde edilir. Bu işlemde damıtık su ve reaktifler ile yapılan şahit çözelti kullanılır. Tayinde elde edilen sonuçlara göre ortafosfat miktarı (3.3) eşitliği ile hesaplanır.

$$\text{Ortafosfat(PO}_4\text{) mg/L} = \text{Ortafosfat(PO}_4\text{), mg} \times 1000 / \text{Numune, ml} \quad (3.3)$$

3.2.2.6 Nitrat Analizi

Nitrat analizi TS ISO 7890 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Numuneler askıda katı maddelerin çökmesi için bekletilir veya cam pamuğu kullanılarak süzülür. Ph nötr olacak şekilde asetik asit ile ayarlanır. 5 ml su kullanılarak deney numunesi yerine tanık deney yapılır. Ölçülen absorbans, Ab olarak belirlenir.

Buharlaştırma kaplarına nitrat standart çözeltisinden sırasıyla; 1 ml; 2 ml; 3 ml; 4 ml ve 5 ml (nitrat azotu miktarı, m(N),sırasıyla; 1 µg; 2 µg; 3 µg; 4 µg ve 5 µg) eklenerek kalibrasyon çözeltisi hazırlanır. Renk geliştirme için 0.5 ml sodyum azotür çözeltisi ve 0.2 ml asetik asit çözeltisi eklenip 5 dakika bekletilir. Karışım kaynayan su banyosunda kuruluğa kadar buharlaştırılıp sodyum salisilat çözeltisinden 1 ml ilave edilir. Karışım iyice karıştırılıp kuruluğa kadar tekrar buharlaştırılıp oda sıcaklığına kadar soğutulur. Sülfürik asit çözeltisinden 1 ml ilave edilip yavaş yavaş sallayarak kalıntı çözülür 10 dakika dinlenmeye bırakılır. Sonra, 10 ml alkali çözeltisi ve 10 ml su eklenir. 25°C sıcaklıktaki su banyosunda 10 dakika bekletilip su banyosundan alınır ve ölçü çizgisine kadar su ile tamamlanır. Çözeltinin absorbansı, 415 nm dalga boyunda optik ışın yolu 40 mm veya 50 mm hücrelerde, referans olarak kullanılan saf suya karşı ölçülür. Absorbans ölçmeleri, As olarak verilir. Her bir kalibrasyon çözeltisinin absorbans değerinden tanık deneyin absorbans değeri çıkarılır ve nitrat kütlesine, m(N) µg karşı gelen absorbanslar işaretlenerek grafik çizilir.

Deney numunesinden nitrat miktarı 1-5 µg aralığında olacak şekilde V ml hacimde alınır. Buharlaştırma kabına koyulup 0.5 ml sodyum azotür çözeltisi ve 0.2 ml asetik asit çözeltisi ilave edilip 5 dakika bekletilir. Karışım kaynayan su banyosunda kuruluğa kadar buharlaştırılıp sodyum salisilat çözeltisinden 1 ml ilave

edilir. Karışım iyice karıştırılıp kuruluğa kadar tekrar buharlaştırılıp kaplar su banyosundan çıkarılıp oda sıcaklığına kadar soğutulur. Sülfürik asit çözeltisinden 1 ml ilave edilip yavaş yavaş sallayarak kalıntı çözülür 10 dakika dinlenmeye bırakılır. Sonra, 10 ml alkali çözeltisi ve 10 ml su eklenir. 25°C sıcaklıktaki su banyosunda 10 dakika bekletilip su banyosundan alınır ve ölçü çizgisine kadar su ile tamamlanır. Çözeltinin absorbansı, 415 nm dalga boyunda optik ışın yolu 40 mm veya 50 mm hücrelerde, referans olarak kullanılan saf suya karşı ölçülür. Deney numunesinde nitratın sebep olduğu absorbans, A_r , (3.4) eşitliği ile hesaplanır.

$$A_r = A_s - A_b \quad (3.4)$$

A_s : Numune absorbansı

A_b : Tanık absorbansı

Kalibrasyon grafiğinden absorbans A_r değerine karşılık gelen nitratın kütlesi, $m(N)$, μg olarak okunur. Numunedeki nitrat muhtevası, ρ_N , litrede miligram olarak, (3.5) eşitliği ile bulunur.

$$\rho_N = \frac{m(N)}{V} \quad (3.5)$$

V : Deney numunesinin hacmi, ml,

$m(N)$: Nitratın kütlesi, μg

3.2.2.7 Kurşun ve Çinko Analizleri

Kurşun ve çinko analizleri TS 6290'a göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre 5 μg - 20 μg metal ihtiva eden analiz numunesi 1 ml'lik ölçülü balona koyulur ve işaret çizgisine kadar su ile tamamlanır.

10 mg/l element içeren seyreltilmiş çözeltileri elde etmek için tayin edilecek elementlere karşılık gelen standart çözeltilerin her biri kullanılmadan önce su ile seyreltilir. 500 ml'lik ölçülü bir balona;

- Litresinde 10 mg çinko ve kadmiyum ihtiva eden çözeltilerin her birinden 5'er ml,

- Litresinde 10 mg bakır, kobalt, nikel ve kurşun ihtiva eden çözeltilerin her birinden 20'şer ml ile,

- 0.5 ml nitrik asit

koyulur ve su ile işaret çizgisine kadar tamamlanır. Her kalibrasyon çözeltisi, numunelerin korunmasında kullanılan aynı nitrik asidin ilavesiyle eşitlendirilir.

Analiz numunesi ve 100 ml'lik her kalibrasyon çözeltisi kapaklı 250 ml'lik ayırma hunilerine konur. Her huniye, kalıcı mavi renk elde edilinceye kadar 2-3 damla bromfenol mavisi indikatör çözeltisi ve sodyum hidroksit ilave edilir. Mavi renk kayboluncaya kadar damla damla hidroklorik asit sürekli karıştırılarak ilave edilir ve sonra 2 ml hidroklorik asit fazlası ilave edilir. Bu durumda pH 2.3 – 2.5 olur 5 ml amonyum 1-Pirolidinditiyokarbamat çözeltisi ilave edilir ve karıştırılır. Daha sonra 10 ml Metil-İzobütil Keton ilave edilir ve 2 dakika süreyle kuvvetlice çalkalanır ve bu durumda pH yaklaşık 2.8 olur. Bu karışım, çökmesi için ağzı kapatılmış huni içinde ışıktan ve ısıdan uzakta en az 1 saat bekletilir. Spektrometre, tayin edilecek metalin kalibrasyon çözeltisinin organik ekstraktı püskürtülerek ve uygun dalga boyunda(kurşun ve çinko için sırasıyla; A1 ölçüm dalga boyu(nm): 283.30, 213.86 / AQ ölçüm dalga boyu (nm): 283.7(Zr), 214(D)) kullanılarak hazırlanır. Tayin edilecek her metal için kalibrasyon çözeltilerinin organik ekstraktları püskürtülür. Kalibrasyon çözeltilerinin metal konsantrasyonları ($\mu\text{g/l}$) yatay eksene ve bunlara karşılık gelen absorbans değerleri dikey eksene işaretlenerek kalibrasyon eğrisi çizilir. Analiz numunesinin organik ekstraktı püskürtülür ve tayin edilecek metalin absorbansı ölçülür. Her metal için, analiz numunesinin ve tanığın absorbanslarına karşılık gelen konsantrasyonlar kalibrasyon eğrisinden okunur. Tayin edilecek her metal için, numunenin konsantrasyonu $\mu\text{g/l}$ cinsinden (3.6) eşitliği ile hesaplanır.

$$(pt - pb) \times 100/V \quad (3.6)$$

Burada;

pt= Analiz numunesinin absorbandsına karşılık gelen metal konsantrasyonu, $\mu\text{g/l}$

Pb = Tanığın absorbandsına karşılık gelen metal, konsantrasyonu, $\mu\text{g/l}$

V = Analiz için alınmış eşitlendirilmiş numunenin hacmi, ml'dir.

3.2.3 TS EN 1008'e Göre Gerçekleştirilen Beton Testleri

Bu çalışmada kullanılan agrega Akça Hazır Beton San. Ve Tic. A.Ş. Serinhisar Tesisinden ve kimyasal katkı Akça Hazır Beton San. Ve Tic. A.Ş. Hacıyüplü Tesisinden; CEM 1 42.5 R portland çimentosu ise Denizli Çimento Fabrikasından temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan agregalar EN 12620 standardına; çimento EN 197 standardına uygun olarak seçilmiştir. Beton numunelerinin hazırlanmasında kullanılan bileşenlerin miktar dağılımları Tablo 3.3'te, betonun hazırlanmasında kullanılan pan mikser karıştırıcı Şekil 3.7'de yer almaktadır.

Tablo 3.3: 1 m³ C30 beton üretimi için kullanılan beton bileşimi.

Malzeme	Miktar
Çimento	280
Su	156
Kimyasal katkı	3.640
0-3 mikron agrega	1113
4-12,5 mikron agrega	256
11-23 mikron agrega	593



Şekil 3.7: Betonun hazırlanmasında kullanılan pan mikser karıştırıcı.

3.2.3.1 Taze Beton Deneyleri

3.2.3.1.1 Kıvam Tayini Deneyi

TS EN 12350-2 kapsamında yapılan taze beton kıvam deneyinde okme hunisi metodu kullanılmıştır. Şekil 3.8’de gosterildiği gibi kesik huni, taban plakası ortasına yerleştirilir ve betonun doldurulması sırasında iki ayak basma yerine basılarak sabit kalması sağlanır. Huni yaklaşık 1/3’üne kadar taze beton numunesi ile doldurulup Şekil 3.9’da gosterildiği gibi, 25 kez Şişlenerek sıkıŐması sağlanır. Aynı işlemler huninin 2/3’üne kadar doldurularak ve son olarak tamamı doldurularak tekrarlanır. Doldurma ve sıkıştırma işlemi tamamlandıktan sonra huninin st

kısmından taşan fazla beton şişleme çubuğu ile testere hareketi yapılarak düzlenir. Hunin sabit bir hızla, 5-10 saniye içinde düşey şekilde dik olarak yukarıya doğru kaldırılıp betonun yanına koyularak hunini üst yüzey seviyesi ile çöken betonun en üst noktası arasındaki çökme mesafesi ölçülerek kaydedilir. Taze beton numunesinin çökme mesafesinin belirlenmesi işlemi Şekil 3.10'da gösterilmiştir (Şimşek 2016).



Şekil 3.8: Kıvam deneyi, huninin yerleştirilmesi ve taze beton numunesinin huniye doldurulması.



Şekil 3.9: Kıvam deneyi, taze betonun şişlenerek sıkıştırılması işlemi.



Şekil 3.10: Kıvam deneyi, taze betonun çökme miktarının belirlenmesi.

3.2.3.1.2 Betonda Priz Süresi Tayini Deneyi

Betonda priz süresinin tayini TS 2987'ye göre yapılan penetrasyon direncinin ölçülmesi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu deney yönteminde priz süresi, harcın belirli penetrasyon direncine ulaşma süresidir. Beton karışımı hazırlanırken çimento ile karma suyunun karıştırılmaya başlandığı zaman kaydedilir. Hazırlanan taze beton, 4 mm göz açıklığına sahip elekten yaş olarak elenerek temsili numune elde edilir. Şekil 3.11 de gösterildiği gibi elenen harç, mala ile tekrar karıştırılır ve temsili numune, kalıba yerleştirilir. Numune kalıbının içerisinde bulunabilecek hava kabarcıklarını çıkarmak için kalıp sarsılır, sıkıştırma çubuğu ile kalıp kenarlarına vurulur ve Şekil 3.12 de gösterildiği gibi harç şişlenir. Şişleme yapılırken vuruşlar numune yüzeyine homojen şekilde dağılmalıdır. Bu işlem bittiğinde, kalıp üzerinde olabilecek boşlukları gidermek için numune yüzeyi tekrar tesviye edilir.



Şekil 3.11: Priz süresi tayininde taze beton numunesinin elenerek numune kalıbına koyulması işlemi.



Şekil 3.12: Priz süresi tayininde taze beton numunesinin şişlenerek içerisindeki hava kabarcıklarının giderilmesi işlemi.

Yük uygulama cihazına uygun ebatta iğne takılır ve harç yüzeyine temas edecek şekilde ayarlanır. İğnenin 25 ± 2 mm'lik kısmı harca girene kadar 10 ± 2 saniye içerisinde darbe etkisi oluşturmada ve sabit hızla düşeyde kuvvet uygulanır. Yük uygulama cihazı ve kuvvet uygulama işlemi Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13: Priz süresi tayininde kullanılan yük uygulama cihazı ve kuvvet uygulama işlemi.

İğne ucunun 25 ± 2 mm derinliğe ulaşmasını sağlayan kuvvet ile taze betonun hazırlanması esnasında çimento ile suyun ilk temas anından itibaren geçen süre kaydedilir. Penetrasyon direnci, kaydedilen kuvvetin iğnenin kesit alanına bölünmesiyle hesaplanır. İğne batırılan alanlar arasındaki net mesafe kullanılan iğne çapının en az 2 katı olmalıdır ancak, 15 mm'den daha az olmamalı, iğne batırılan yerin numune kalıbının kenarına kadar olan mesafesi en az 25 mm, en fazla 50 mm olmamalıdır. Penetrasyon iğnesinin ilk batırılacağı süre, su ve çimentonun karıştırılmasından itibaren 3 saat ile 4 saat arasında olmalıdır. Daha sonraki batırma işlemleri, bu işlemden 30 dakika ila 60 dakikalık süre sonunda gerçekleştirilmelidir. Priz hızlandırıcı katkı kullanılan beton karışımları için, penetrasyon iğnesinin ilk batırılacağı süre, su ve çimentonun karıştırılmasından itibaren 1 saat ila 2 saat olmalıdır. Daha sonraki batırma işlemleri, bu işlemden 30 dakika sonra ve sonraki

batırma işlemleri ise her 30 dakikada bir gerçekleştirilmelidir. Her priz süresi tayin deneyinde, zamana karşı penetrasyon direnci grafiğini çizmeye yeterli sayıda en az altı batırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Hesaplanan penetrasyon direnci değeri en az 27.6 MPa oluncaya kadar deneye devam edilmelidir.

Priz süresinin tayin edilmesinde bilgisayar kullanılması halinde; priz süresi, verinin regresyon analizi ile elde edilir. Bilgisayar ortamında; süre yatay eksene, penetrasyon direnci düşey eksene gelecek şekilde grafiğe çizilir. Penetrasyon direncinin 3.5 MPa'ya ulaştığı süre, priz başlangıç süresi olarak ve penetrasyon direncinin 27.6 MPa'ya ulaştığı süre, priz bitiş süresi olarak belirlenir.

TS 1008'e göre uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresi, bir saatten daha az olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresine göre % 25'ten daha fazla sapma göstermemelidir. Priz bitiş süresi ise 12 saatten daha uzun olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz sona erme süresine göre % 25'ten daha fazla sapma göstermemelidir.

3.2.3.2 Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.2.3.2.1 Beton Basınç Dayanımı Tayini İçin Deney Numunelerinin Yapımı

Sertleşmiş beton basınç dayanımı için deney numuneleri TS EN 12390-2 standardına uygun olarak ve C30/37 sınıfı beton olarak hazırlanmıştır. Deneyde standarda uygun olarak 150*150*150 mm'lik küp numune kapları kullanılmıştır. Betonun kalıba yapışmasını önlemek için beton ile doldurmadan önce kalıpların iç yüzeylerine hafifçe kalıp yağı sürülür. Kalıplar doldurulurken her tabaka 10 mm'den daha kalın olmamalıdır. Beton kalıba boşaltılırken, iri agreganın ayrışmasını önlemek için homojen olarak kalıbın içine dağılması sağlanmalıdır. Her beton tabakası kalıba yerleştirilirken şişleme çubuğu ile şişlenerek sıkıştırılmıştır. Beton numune kalıpları yüzeyleri, taşan fazla betondan temizlemek için mala yardımıyla düzeltilmiştir. Her bir tesis için ve karşılaştırmada kullanmak üzere referans olarak hazırlanmış saf su için 7

günlük ve 28 günlük basınç dayanımı tayininde kullanılmak üzere 6'şar adet numune hazırlanmıştır. Her bir numune, birbirine karıştırmamak için ve takip açısından etiketlenmiştir. Numuneler dayanım tayini gününü beklemek üzere dış etkilerden korumak için kür havuzuna yerleştirilmiştir. Deney kapsamında hazırlanan örnek numune kalıpları Şekil 3.14'te, kür havuzu Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14: Beton basınç dayanımı tayininde hazırlanan numune kalıplarına örnek.



Şekil 3.15: Beton basınç dayanımında tayini kullanılan kür havuzu.

3.2.3.2.2 Beton Basınç Dayanımı Tayini

Basınç dayanım tayini TS EN 12390-3 standardına göre yapılmıştır. Numuneler kür havuzundan çıkarılıp üzerlerindeki su havlu veya bez ile kurulanıp kırma makinası merkezine yerleştirilir ve kırma işlemi gerçekleştirilir. Kırma makinası Şekil 3.16 da gösterilmiştir. Numunenin kırıldığı andaki ekranda görünen en yüksek yük kilonewton cinsinden, gerilme MPa cinsinden okunur.

TS EN 1008'e göre uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton veya harç numunelerin 7 günlük ortalama basınç dayanımı, aynı yaşta deneye tâbi tutulan damıtık su veya deiyonize su ile hazırlanmış numune basınç dayanımının % 90'ından daha küçük olmamalıdır.



Şekil 3.16: Beton basınç dayanımı tayininde kullanılan kırma makinası.

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

4.1 Su Kalitesi

4.1.1 SKKY'ne Göre Değerlendirme

4.1.1.1 AKM Açısından Değerlendirme

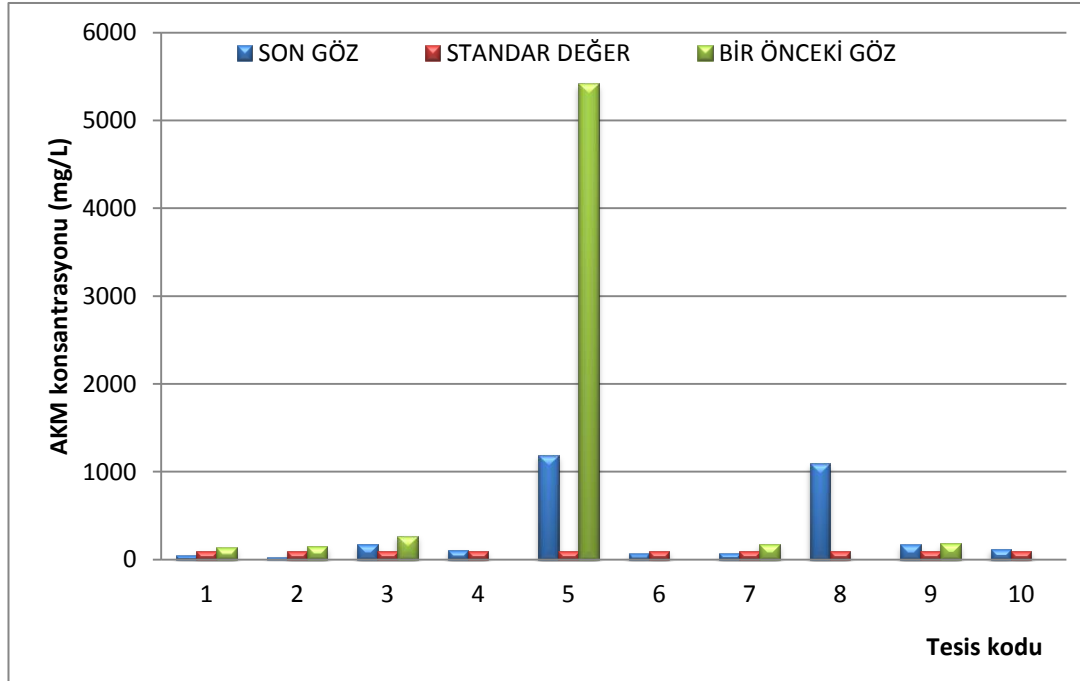
Hazır beton üretim tesislerinde oluşan atıksu içerisindeki yüksek askıda katı madde(AKM) konsantrasyonu; mikserlerin, transmikserlerin iç kısımlarının yıkanması, transmikser içerisinde kalan fazla ve/veya artık betonun boşaltılması, yağmur suyu ile tesis sahasında çökmüş şekilde bulunan çimento kalıntısı, toz, vb katı maddelerin yıkanarak çökeltme havuzuna ulaşması ile ortaya çıkar. Hazır beton üretimi atıksularının alıcı ortama verilebilmesi için SKKY, Tablo 7.5'de verilen parametrelerin limit değerlerinin sağlanması gerekmektedir.

Yapılan çalışmada 10 ayrı tesiste bulunan çökeltme havuzlarının son gözlerinden yani deşarj noktasından ve ayrıca çökeltme havuzunun son gözünden önceki bölmeden alınan atıksu numunelerine ait AKM analiz sonuçları Tablo 4.1'de, atıksu numunelerine ait AKM konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu son göz ve bir önceki göz değerleri ile standart limit değer karşılaştırması Şekil 4.1'de verilmiştir.

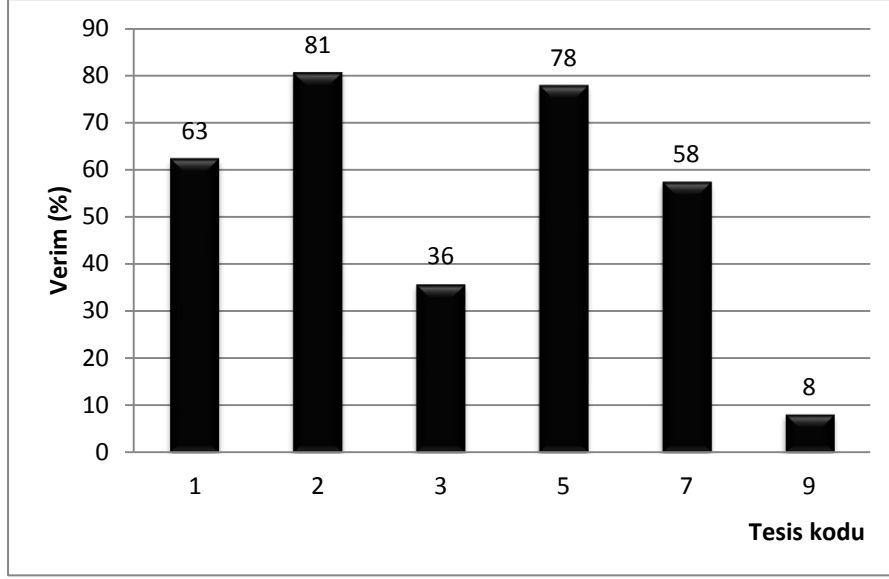
Çökeltme havuzlarında göz sayısının arıtma verimine etkisinin değerlendirilmesi için 6 ayrı tesiste, çökeltme havuzlarının en son gözünden ve bir önceki gözünden alınan numunelerin AKM analizleri yapılarak 3. gözün AKM giderim verimine etkisi gözlemlenmiş ve ilave gözün, bir önceki göze göre arıtma verimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Atıksu numunelerine ait AKM konsantrasyonu analiz sonuçları.

	BİR ÖNCEKİ GÖZ	SON GÖZ
	mg/L	mg/L
SKYY STANDART DEĞER	-	100
TESİS KODU		
1	136	51
2	151	29
3	271	174
4	-	111,0
5	5422	1191
6	-	70
7	179	76
8	-	1094
9	185	170
10	-	123



Şekil 4.1: Atıksu numunelerine ait AKM konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu göz sayısı ve ayrıca standart limit değer karşılaştırması.



Şekil 4.2: 3. gözün 2. göze göre AKM giderim verimi (%).

10 tesisin çökeltme havuzunun son gözünden alınan numunelerin AKM analiz sonuçları incelendiğinde SKKY'ne göre, 6 tesisin limit değerlerin üzerinde olduğu, yani deşarj standardını sağlamadığı; sadece 4 tesisin analiz sonuçlarının standart değerleri sağladığı tespit edilmiştir. AKM konsantrasyonu 6 tesiste; 174, 111, 1191, 1094, 170 ve 123 olarak belirlenmiş olup 100 mg/L olan limit değerin sırasıyla %74, %11, %1091, %994, %70 ve %23 oranında aşıldığı görülmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde hazır beton tesislerinde çökeltme havuzu ilk gözde yani giriş atıksuyunda AKM konsantrasyonu 189 mg/L ve 640 mg/L olarak raporlanmıştır (Ağdağ 2016). Literatürde çökeltme havuzu çıkış suyundan SKKY'ne göre AKM konsantrasyonunu araştıran çalışmaların çok nadir olduğu görülmüştür, bu çalışmalardan Güner (2018) tarafından yapılan çalışmada çökeltme havuzu çıkış suyu analiz sonuçlarında AKM konsantrasyonu birinci tesis için 110 mg/L ve ikinci tesis için 188 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçların, literatür çalışmalarındaki bulgular ile benzer olduğu gözlenmiştir.

5 no'lu tesis çökeltme havuzu projesinin, havuz boyutlarının uygun olmaması nedeniyle atıksuyun bekletme süresinin yetersiz olduğu buna bağlı olarak AKM konsantrasyonunun yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca çökeltme havuzu ilk bölümü boyutları çok küçük olduğundan 2. bölüme yeterli seviyede bekletme yapılmadan geçmektedir, buna bağlı olarak 2. gözün kirlilik yükü çok yüksektir. Çökeltme havuzu 3 gözlü olsa da 2 gözlü gibi işlev görmektedir. 8 no'lu tesiste artık

betonu ve atıksuyu ayıran geri dönüşüm sisteminden sonra 3 gözlü çökeltme havuzu mevcut olmasına rağmen AKM konsantrasyonu çok yüksek belirlenmiştir. Bunun nedeni çökeltme havuzunda 2. ve 3. göz çamur temizliğinin yapılmamış olmasıdır. 3, 4, 9 ve 10 nolu tesislerde havuz boyutlarının yetersiz olması nedeniyle bekletme sürelerinin sağlanamaması AKM değerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Çökeltme havuzlarının göz sayısının, AKM giderim verimine etkisi açısından 6 tesisten alınan numune analiz sonuçları incelendiğinde; 1, 2, 3, 5, 7, ve 9 nolu tesislerin analiz sonuçları, 3. gözün, sırasıyla %63, %81, %36, %78, %58, %8 ilave AKM giderimi sağladığını göstermiştir. Literatür çalışmalarında SKKY’nde bahsi geçen parametrelerin arıtma verimi açısından çökeltme havuzu göz karşılaştırmasına ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır.

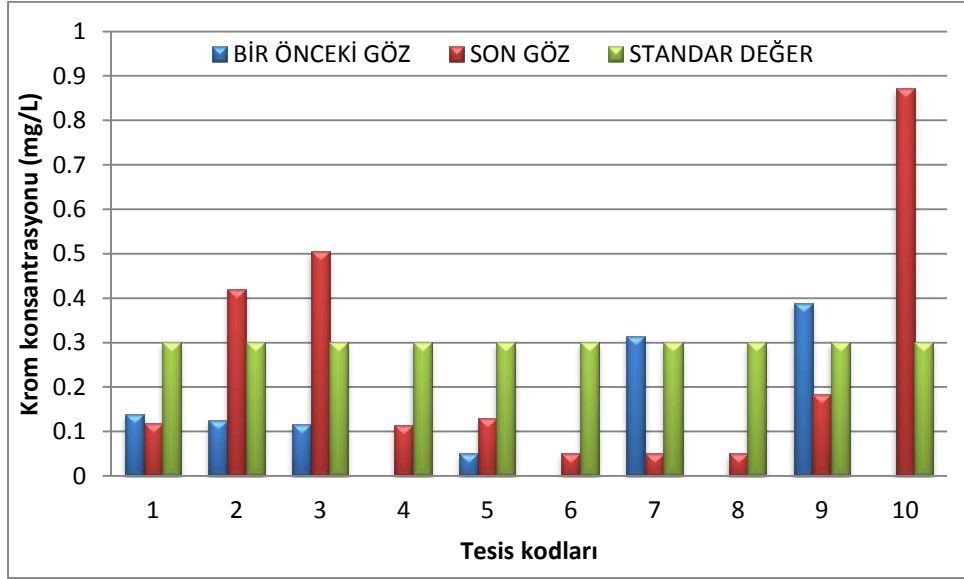
4.1.1.2 Krom Açısından Değerlendirme

Beton üretim tesislerindeki kromun kaynağı çimentodur. Çimentoda bulunan kromun temel kaynakları ise hammaddeler, döner fırın refraktörleri ve krom-çelik öğütücülerdir (Ağdağ 2016). 10 ayrı tesiste bulunan çökeltme havuzlarının son gözlerinden yani deşarj noktasından ve ayrıca çökeltme havuzunun son gözünden önceki bölmeden alınan, atıksu numunelerine ait krom analiz sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Çökeltme havuzlarında göz sayısının arıtma verimine etkisinin değerlendirilmesi için 6 ayrı tesiste, çökeltme havuzlarının en son gözünden ve bir önceki gözünden alınan numunelerin Cr^{+6} analizleri yapılarak 3. gözün Cr^{+6} giderimine etkisi gözlemlenmiştir. Atıksu numunelerine ait Cr^{+6} konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu son göz ve bir önceki göz değerleri ve ayrıca limit değer karşılaştırması Şekil 4.3’te gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Atıksu numunelerine ait Cr⁺⁶ konsantrasyonu analiz sonuçları.

	BİR ÖNCEKİ GÖZ	SON GÖZ
	mg/L	mg/L
SKYY STANDART DEĞER	-	0.3
TESİS KODU		
1	0.139	0.118
2	0.126	0.419
3	0.116	0.506
4	-	0.115
5	<0.05	0.129
6	-	<0.05
7	0.314	<0.05
8	-	<0.05
9	0.389	0.184
10	-	0.872



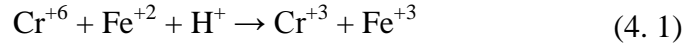
Şekil 4.3: Atıksu numunelerine ait Cr⁺⁶ konsantrasyonu açısından çökeltme havuzu 2. ve 3. göz değerleri ve standart limit değer karşılaştırması.

10 tesisteki çökeltme havuzlarının son gözünden yani deşarj noktasından alınan numunelerin analiz sonuçları, krom konsantrasyonu açısından 7 tesisin standart değerin altında kaldığını, deşarj standardını sağladığını; 3 tesiste ise sonuçların standart değeri aştığını göstermiştir. Güner (2018) tarafından yapılan

çalışmada çökeltme havuzu çıkış suyu analiz sonuçlarında Cr^{+6} değerleri 0.42 mg/L ve 0.96 mg/L olarak tespit edilmiştir. Nallı (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Cr^{+6} değerleri 0.69 mg/L olarak tespit edilmiştir. Literatürde belirtilen değerler bu çalışma kapsamında tespit edilen değerler ile uyumludur ve krom konsantrasyonları standart değerlerin üzerinde olup deşarj edilmeye uygun değildir.

10 tesisin içerisinde 6 tesiste çökeltme havuzu son gözünden ve bir önceki gözünden alınan numunelerin analiz sonuçlarında 3 tesiste, çökeltme havuzu son gözünün %15, %53 ve %84 ilave krom giderimi sağladığı; diğer 3 tesiste ise krom konsantrasyonunda artış olduğu görülmüştür. Bu tesislerde çökeltme havuzunun son gözü, yağmur suyu ve saha temizlik suları ile saha zeminindeki çimento kalıntılarını içeren katı maddelerin taşınımına ve son göze ulaşmasına müsait şekilde konumlandırılmıştır. Ayrıca bu tesislerin çökeltme havuzlarında çamur temizliğinin yapılmadığı havuzların dip kısmında çimento kalıntılarını da içeren yoğun çamur olduğu görülmüştür. Çamur temizliğinin yapılmamış olması ayrıca çökeltme verimi ve bekletme süresini de olumsuz yönde etkilemektedir. Son gözde pH değerindeki hafif azalmalar krom konsantrasyonunu çok az da olsa etkileyebilir. Ancak ölçülen değerler kadar değiştirmeyeceği düşünülmektedir. Cr^{+6} konsantrasyonundaki artışın en mantıklı açıklaması dışarıdan ilave krom girişidir. Literatür çalışmalarında SKKY’nde bahsi geçen parametrelerin arıtma verimi açısından çökeltme havuzu göz karşılaştırmasına ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır.

Atıksulardan krom(VI) gidermek için kullanılan bazı yöntemler; kimyasal çöktürme, iyon değişimi, membranla ayırma, ultrafiltrasyon, elektrikle pıhtılaştırma, çözücüyle özütleme, elektrokimyasal çöktürme, ters ozmoz, diyaliz/elektrodiyaliz, adsorpsiyon, buharlaştırma prosesleridir. Kimyasal çöktürme, geleneksel olarak en çok kullanılan yöntemdir. En sık kullanılan çöktürme işlemleri arasında hidroksitle çöktürme, sülfitle çöktürme, karbonatla çöktürme ve fosfatla çöktürme bulunmaktadır (Gürbüz 2007). Kimyasal çöktürme yönteminde, krom(VI) öncelikle uygun bir indirgeyici kullanılarak krom(III)’e indirgenir. İndirgenmiş krom, hidroksitler şeklinde çöktürülerek uzaklaştırılır. İndirgenme ve çöktürme reaksiyonları sırasıyla (4. 1) ve (4. 2) denkliğinde gösterilmiştir (Kaya 2010).



İndirgenme reaksiyonu pH 2 ve altında çok hızlı gerçekleşir. İndirgeyici olarak Fe^{+2} yerine sülfür dioksit(SO_2) veya sodyum metabisülfid($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) kimyasalları da kullanılmaktadır. Her üç indirgen madde de oldukça etkilidir.

4.1.1.3 Yağ ve Gres Açısından Değerlendirme

Taze beton ile kalıp arasında yapışmaları engellemek, kalıbın betondan daha kolay ayrılmasını ve düzgün yüzeyli beton elde edilmesini sağlamak için kullanılan madeni veya mineral yağ esaslı kalıp ayırıcı sıvılar atıksuda belirli bir yağ konsantrasyonuna yol açmaktadır (Ağdağ 2016). Ayrıca tesis ekipmanlarında kullanılan yağ, gres ve ambalajlarının ortamda tesis zemini ile temasını önleyecek herhangi bir önlem alınmaması nedeniyle yağmur suyu, tesis yıkama suyu ile karışıp atıksuda yağ konsantrasyonuna neden olabilmektedir.

Çalışma kapsamında 10 tesis çökeltme havuzu son gözünden alınan numunelerin ve ayrıca 10 tesisin içinden 6 tesiste çökeltme havuzunun son gözünden bir önceki gözden alınan numunelerin yağ konsantrasyonu analiz sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Atıksu numunelerine ait yağ gres konsantrasyonu analiz sonuçları.

	BİR ÖNCEKİ GÖZ	SON GÖZ
	mg/L	mg/L
STANDART DEĞER	-	10
TESİS KODU		
1	<10	<10
2	<10	<10
3	<10	<10
4	-	<10
5	<10	<10
6	-	<10
7	<10	<10
8	-	<10
9	<10	<10
10	-	<10

Yağ ve gres analiz sonuçları bütün tesislerde, hem çökeltme havuzu son gözünde hem de bir önceki gözünde SKKY sınır değerinin altında kalmıştır. Güner (2018) tarafından yapılan çalışmada ve Yılmaz ve diğ. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş yağ gres konsantrasyonu <10 mg/L olarak tespit edilmiştir. Tüm tesislerde ve diğer literatür çalışmalarında aynı durumun görülmesi yağ konsantrasyonunun hiçbir zaman 10 mg/L'ye ulaşmadığını ve cihazların da daha düşük değerleri ölçecek hassasiyette ölçüm yapmadığını göstermektedir.

Yağ ve gres değerlerinin, cihazların 10 mg/L altındaki değerleri belirleyememesi buna bağlı olarak <10 mg/L şeklinde raporlanması nedeniyle göz karşılaştırması yapılamamıştır.

4.1.1.4 pH Açısından Değerlendirme

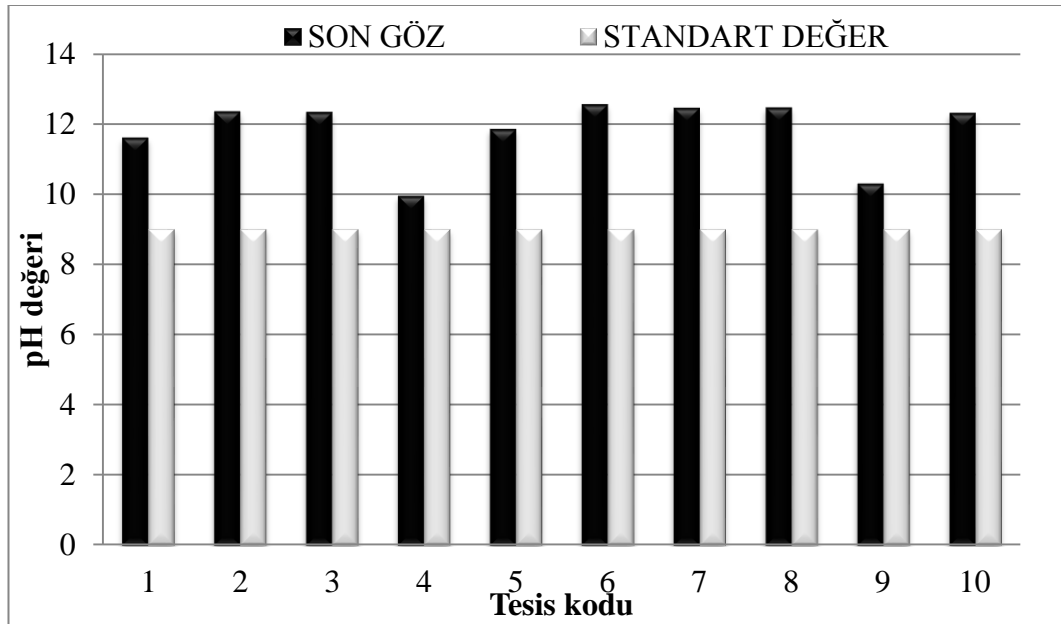
Beton üretim suyu baziktir ve tipik olarak 11 ile 12 arasında değişen yüksek bir pH değerine sahiptir (Neuwald 2010). Beton üretimi atıksularının yüksek pH değerine sahip olmasının en önemli nedenlerinden biri; “beton bileşenleri karıştırıldıktan sonra oluşturdukları katı yapıya neden olan çimento ile suyun tepkimesi sonucu oluşan çimento ana bileşenlerinin hidrasyonudur (Ağdağ 2016).

Bu çalışma kapsamında 10 tesisin çökeltme havuzlarının son gözünden alınan ve ayrıca 10 tesis içerisinden 6 tesisin çökeltme havuzlarının son gözden bir önceki gözünden alınan numunelerin pH analiz sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir.

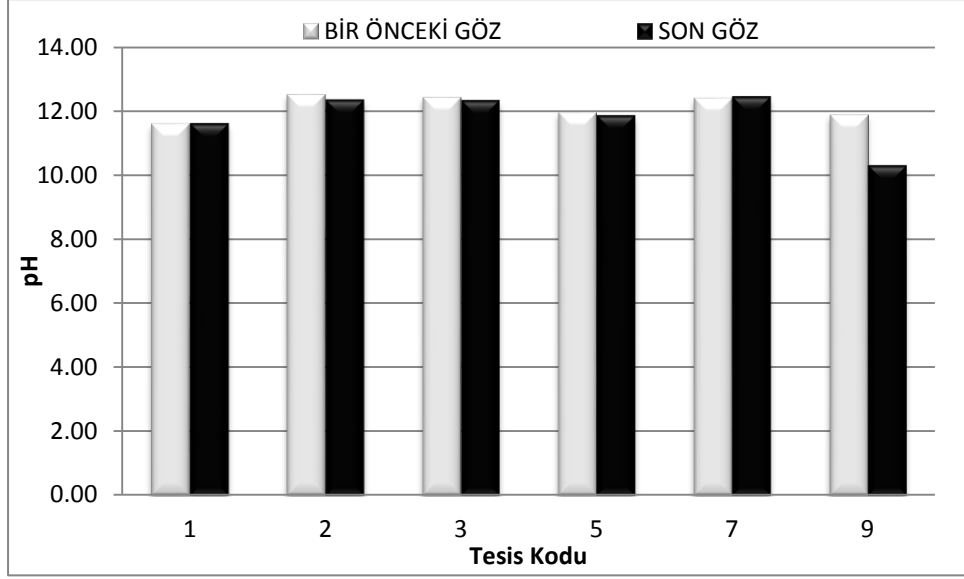
Çökeltme havuzu son gözden yani deşarj yerinden alınan numunelerin pH analiz sonuçları ve ayrıca standart limit değerinin sağlanma durumu açısından karşılaştırması Şekil 4.4'te verilmiştir. Çökeltme havuzlarında göz sayısının arıtma verimine etkisinin değerlendirilmesi için 6 ayrı tesiste, çökeltme havuzlarının en son gözünden ve bir önceki gözünden alınan numunelerin pH analizleri yapılarak 3. gözün pH giderimine etkisi gözlemlenmiş ve analiz sonuçlarının karşılaştırılması Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Atıksu numunelerine ait pH analiz sonuçları.

	BİR ÖNCEKİ GÖZ	SON GÖZ
STANDART DEĞER	-	6-9
TESİS KODU		
1	11.60	11.62
2	12.52	12.37
3	12.43	12.35
4	-	9.97
5	11.95	11.87
6	-	12.57
7	12.41	12.47
8	-	12.48
9	11.88	10.31
10	-	12.32



Şekil 4.4: Çökeltme havuzu son gözden yani deşarj yerinden alınan numunelerin pH analiz sonuçları ve standart limit değerini karşılaştırılması.



Şekil 4.5: Çökeltme havuzunun göz sayısının pH giderimine etkisi.

SKKY'ne göre pH değerlerinin tüm tesislerde standart değer üzerinde olduğu, hiçbir tesiste standart değer sağlanmadığı tespit edilmiştir. SKKY'ne göre hiçbir tesis atıksuyu alıcı ortama verilmeye uygun değildir. Literatür çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Güner (2018) tarafından yapılan çalışmada pH değerleri 11.25, 10.23 olarak tespit edilirken; Ekolu ve Dawneerangen (2010) tarafından yapılan çalışmada 12.11 olarak, izin verilen deşarj limitlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Nallı (2006) tarafından yapılan çalışmada pH 11.75 ; Özkul ve Doğan (2016) tarafından yapılan çalışmada pH 12.6 olarak bulunmuştur. Paula ve Ilha (2014) yaptıkları çalışmada hazır beton tesislerinde içilemeyen kullanımlar için hazır beton atıksularının yeniden kullanımı için Brezilya'da kullanılan referans dokümanları dikkate alındığında çökeltme havuzları sonrası atıksuda ilave olarak pH gideriminin yapılması ve limit değerlerin altına düşürülmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Paula ve diğ. (2016) çalışmalarında da pH 12.5 olarak tespit edilmiştir. Literatür çalışmalarında tespit edilen pH değerleri ile bu çalışma kapsamında bulunan değerler uyumludur ve hiçbiri alıcı ortama deşarj için uygun değildir.

Tüm tesislerde çökeltme havuzu son gözden bir önceki gözdeki sonuçlarda son göz ile benzer şekilde SKKY standart değerinin üzerindedir. Göz sayısının pH giderimine önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Literatür çalışmalarında

SKKY’nde bahsi geçen parametrelerin arıtma verimi açısından çökeltme havuzu göz karşılaştırmasına ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır.

4.1.1.5 Renk Açısından Değerlendirme

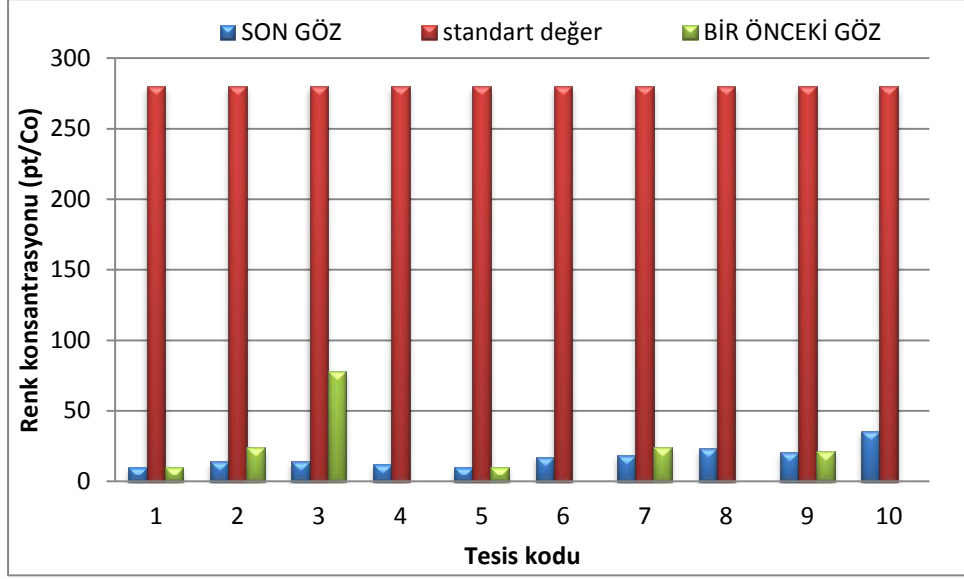
Bu çalışma kapsamında 10 tesisin çökeltme havuzlarının son gözünden alınan ve ayrıca 10 tesis içerisinde 6 tesisin çökeltme havuzlarının son gözden bir önceki gözünden alınan numunelerin renk analiz sonuçları Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5: Atıksu numunelerine ait renk analiz sonuçları.

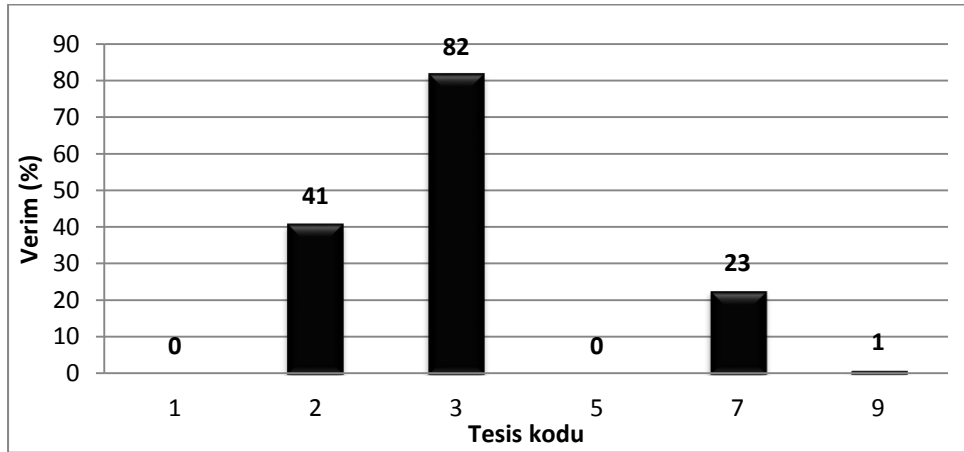
	BİR ÖNCEKİ GÖZ	SON GÖZ
	pt/Co	pt/Co
STANDART DEĞER	-	280
TESİS KODU		
1	<10	<10
2	24.048	14.175
3	78.007	14.090
4	-	12.415
5	<10	<10
6	-	17.390
7	24.287	18.770
8	-	23.190
9	21.012	20.796
10	-	35.621

Çökeltme havuzu her bir göz analiz sonuçları ve ayrıca standart limit değerini sağlanma durumu açısından karşılaştırması Şekil 4.6’da verilmiştir.

Çökeltme havuzlarında göz sayısının arıtma verimine etkisinin değerlendirilmesi için 6 ayı tesiste, çökeltme havuzlarının en son gözünden ve bir önceki gözünden alınan numunelerin renk analizleri yapılarak 3. gözün renk giderim verimine etkisi gözlemlenmiş ve ilave gözün arıtma verimi Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Atıksu numunelerine ait rengin, çökeltme havuzu göz sayısının artıma etkisi açısından ve ayrıca standart limit değerinin sağlanma durumu açısından karşılaştırması.



Şekil 4.7: 3. gözün 2. göze göre renk giderim verimi(%).

10 tesisten tümünün renk parametresinde SKKY standart değerini sağladığı ve alıcı ortama deşarj için uygun olduğu tespit edilmiştir. 10 tesis içerisinde 6 tesiste çökeltme havuzu son gözden bir önceki gözden alınan numune sonuçlarının da SKKY standart değerlerini sağlandığı görülmektedir. Literatür çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Güner (2018) yaptığı çalışmada renk değerlerini 17 Pt-Co, 28.8 Pt-Co tespit etmiştir. Paula ve Ilha (2014) yaptıkları çalışmada hazır beton tesislerinde içilemeyen kullanımlar için hazır beton atıksularının yeniden kullanımı için Brezilya’da kullanılan referans dokümanları dikkate alındığında

çökeltme havuzları sonrası atıksuda ilave olarak renk gideriminin yapılması ve limit değerlerin altına düşürülmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

10 tesis içerisinde 6 tesisten alınan numune sonuçlarında; 4 tesiste son gözün renk giderimine, 9 nolu tesiste %1, 7 nolu tesiste %23, 2 nolu tesiste %41, 3 nolu tesiste %82 ilave katkı sağladığı tespit edilmiştir. 2 tesiste analiz sonucunun <10 olması nedeniyle karşılaştırma yapılamamıştır. Literatür çalışmalarında SKKY'ne göre renk arıtma verimi açısından çökeltme havuzu göz karşılaştırmasına ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır.

Ekolu ve Dawneerangen (2010) yaptıkları çalışmada geri dönüştürülmüş hazır beton atıksuyunun; pH, iletkenlik, karbonat, kalsiyum ve TDS değerlerinin Ulusal Su Yasası kapsamında deşarj limitlerini karşılamadığını bu nedenle deşarj edilmeden arıtılması gerektiğini vurgulamışlardır. Paula ve arkadaşları (2016) yaptıkları çalışmada beton santrali atıksularının; pH ve AKM konsantrasyonlarının yüksek olması nedeniyle çevreye deşarj edilmeden önce arıtılması gerektiğini belirtmişlerdir. Paula ve Ilha (2014) yaptıkları çalışma sonucunda hazır beton çökeltme havuzu çıkış sularının kalitesinin hem içilemeyen hem de içilebilir yeniden kullanım için pH, renk ve bulanıklık parametrelerinin giderilmesi açısından ek arıtmaya ihtiyaç duyduğunu belirtmişlerdir. Literatür çalışmaları sonuçları ile bu çalışmada elde edilen bulgular benzerdir ve hazır beton tesisleri çökeltme havuzları çıkış sularının SKKY'ne göre; AKM, Cr^{+6} ve pH açısından deşarj limitlerini sağlamaması nedeniyle alıcı ortama deşarj edilmesinin uygun olmadığı deşarj için ilave arıtmaya ihtiyaç duyduğu yönündedir.

4.1.2 TS EN 1008'e Göre Su Analizlerinin Değerlendirilmesi

4.1.2.1 Ön Muayene Analizi Açısından Değerlendirme

Beton karma suyu olarak kullanılacak su TS EN 1008, ön muayene şartlarını sağlamalıdır. Bu şartlardan biri veya birkaçına uygun olmayan sular ancak priz süresi ve dayanım şartlarını sağlayarak beton yapımında kullanım için uygun olduğunun

gösterilmesi durumunda kullanılabilir. 10 tesise ait ön muayene analiz sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: TS EN 1008, Madde 4.2 ön muayene : karışım suyunun ön muayenesi için incelenecek özellikler ve deney işlemleri analiz sonuçları.

		Özellikler	TESİSLER										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Sıvı ve katı yağlar	Görünür izlerden (lekelerden) daha fazla olmamalıdır	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
2	Deterjan	Herhangi bir köpük 2 dakika içerisinde kaybolmalıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
3	Renk	-	Beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular dışındaki su kaynakları için geçerli şart										
4	Askıda katı madde (kg/L)	-	0.038	0.038	0.038	0.038	0.095	0.038	0.115	0.038	0.057	0.057	0.057
5	Koku	İçilebilir suyun sahip olduğu koku, hafif çimento kokusu ve suda yüksek fırın curufu bulunması halinde hafif hidrojen sülfür kokusu haricinde herhangi koku bulunmamalıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
6	Asitler	pH \geq 4 olmalıdır.	10	12	12	6	11	12	12	12	9	12	12
7	Organik madde	Renk, sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

Karışım suyunun ön muayenesi için tüm tesislerden çökeltme havuzu son gözden alınan numuneler TS EN 1008 standardına göre; sıvı ve katı yağlar, deterjanlar, askıda katı madde, koku, asitler ve organik madde açısından incelenmiştir. Sıvı ve katı yağlar açısından 9 nolu tesiste hafif yağ kalıntısı gözlemlendi ancak görünür izlerden daha fazla değildi, diğer hiçbir tesiste yağ kalıntısı gözlenmemiştir. Deterjan açısından; 6, 8, 9, 10 nolu tesislerde hafif köpük oluşumu gözlenmiştir ancak köpük birkaç saniye içerisinde kaybolmuştur. Diğer hiçbir tesiste köpük gözlenmemiştir. Koku açısından; tüm tesislerde hafif çimento kokusu dışında herhangi bir koku tespit edilmemiştir. Tüm tesislerde pH değeri 4’ten büyüktür ve

istenen şartın sağlandığı tespit edilmiştir. Tesislerin hiçbirinde organik maddeye rastlanmamıştır. Karışım suyunun ön muayenesi açısından tüm numunelerin gerekli şartları sağladığı tespit edilmiştir. Özkul ve Doğan (2016) yaptıkları çalışmada transmikser yıkama suyunun TS EN 1008'e göre ön muayene analizlerinden; koku, renk, organik madde kontrollerini gerçekleştirmişlerdir ve sonuçların standart gerekliliklerini sağladığını tespit etmişlerdir.

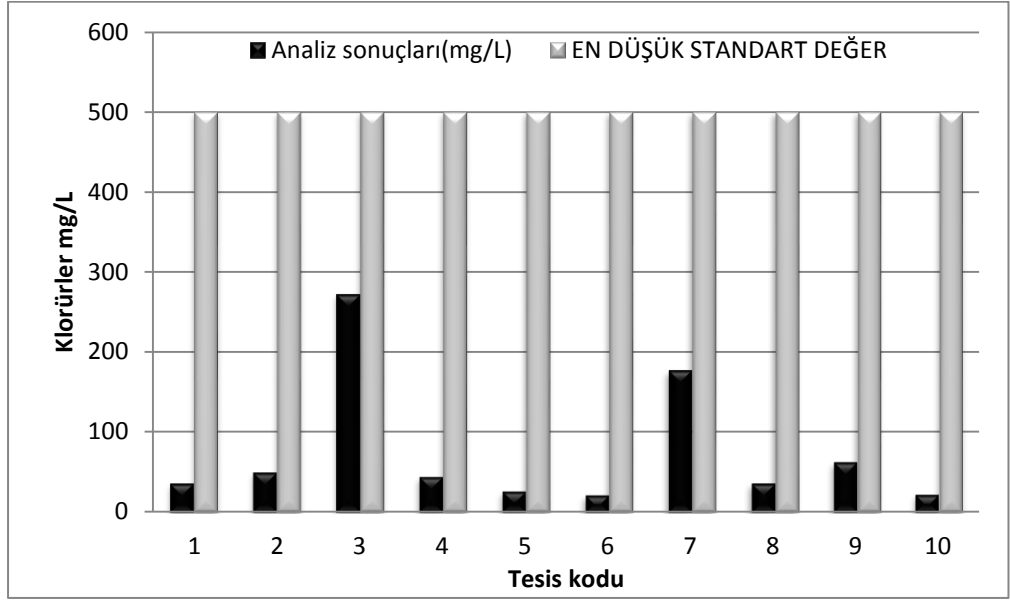
4.1.2.2 Kimyasal Analizleri Açısından Değerlendirme

Beton üretimi atıksuları; çimento, yağ ve gresten gelen sülfatlar ve hidroksitler içeren çözünmüş katılar ve kimyasal katkı maddelerinden türevler içerir (Neuwald 2010).

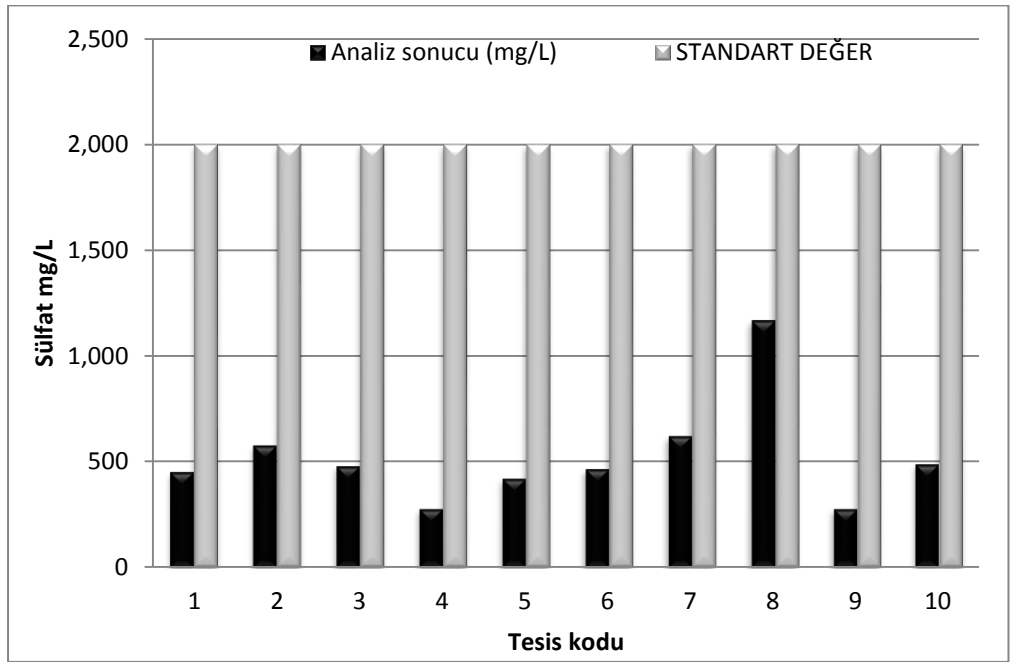
Çalışma kapsamında 10 tesisin çökeltme havuzlarının son gözünden alınan geri dönüşüm suyu numuneleri TS EN 1008'e göre kimyasal analizleri gerçekleştirilerek geri dönüşüm suyunun karma suyu olarak kullanımının uygunluğu araştırıldı. Gerçekleştirilen analizlerin sonuçları Tablo 4.7' de; klorür analiz sonuçları Şekil 4.8'de, sülfat analiz sonuçları Şekil 4.9'da, nitrat analiz sonuçları Şekil 4.10'da, fosfat analiz sonuçları Şekil 4.11'de, kurşun analiz sonuçları Şekil 4.12'de, çinko analiz sonuçları Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

Tablo 4.7: TS EN 1008'e göre kimyasal analizleri.

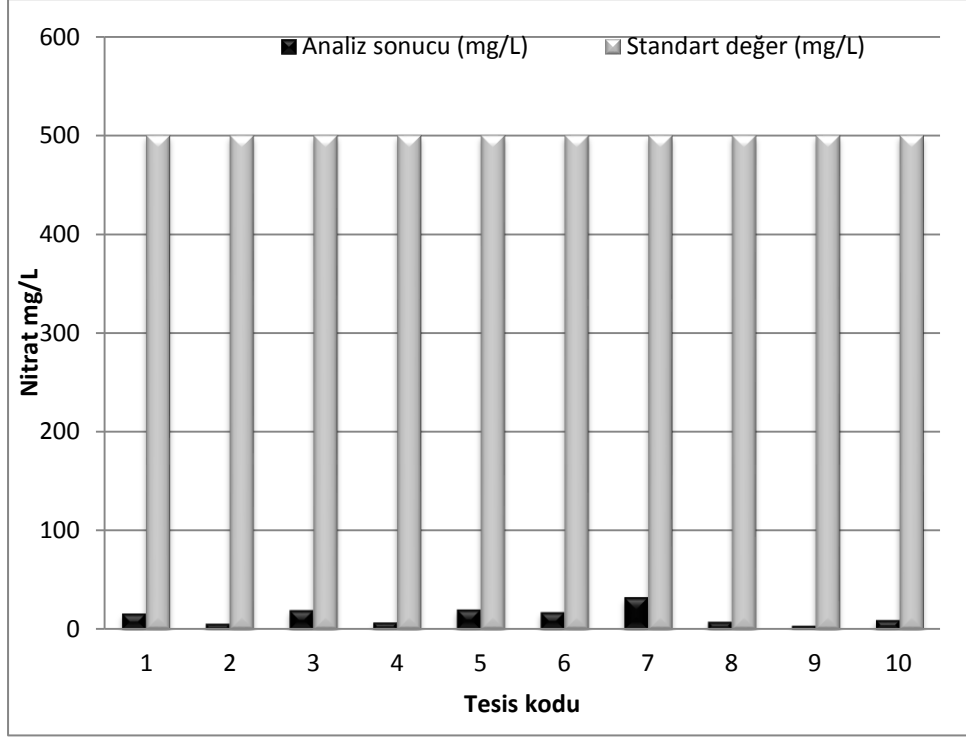
	ATIKSU YOĞUNLUĞU	KLORÜR	SÜLFAT	NİTRAT	FOSFAT	KURŞUN	ÇİNKO
STANDART DEĞER	-	500/1000/4500	2000	500	100	100	100
TESİS KODU	kg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	1.0205	36.619	452.98	16	<0,5	<0.02	0.045
2	1.0043	50.133	579.776	5.870	<0.5	<0.02	<0.04
3	1.0075	272.537	480.9	19.205	<0.5	<0.02	<0.04
4	1.0223	44.405	278.044	7.124	<0.5	<0.02	<0.04
5	1.0515	26.496	422.193	19.716	<0.5	<0.02	<0.04
6	1.0231	21.488	466.598	17.239	<0.5	<0.02	<0.04
7	1.0664	176.999	622.684	31.802	<0.5	<0.02	<0.04
8	1.0125	36.424	1168.300	7.990	<0.5	<0.02	<0.04
9	1.034	62.887	278.164	4.007	<0.5	<0.02	<0.04
10	1.030	22.635	489.400	9.478	<0.5	<0.02	<0.04



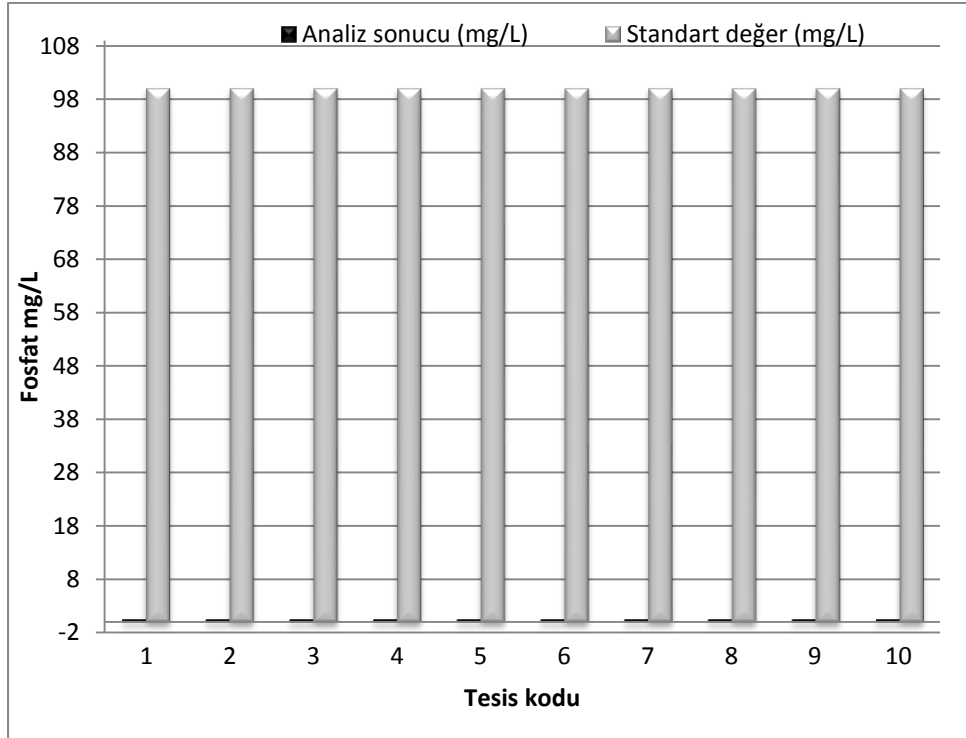
Şekil 4.8: TS EN 1008'e göre klorür analizleri.



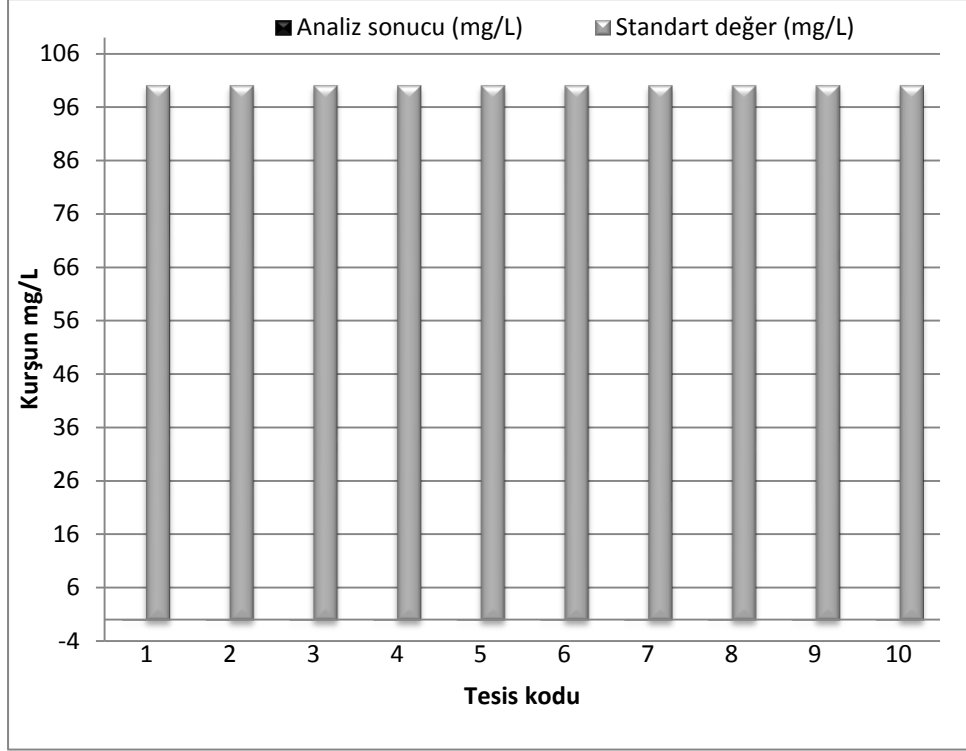
Şekil 4.9: TS EN 1008'e göre sülfat analizleri.



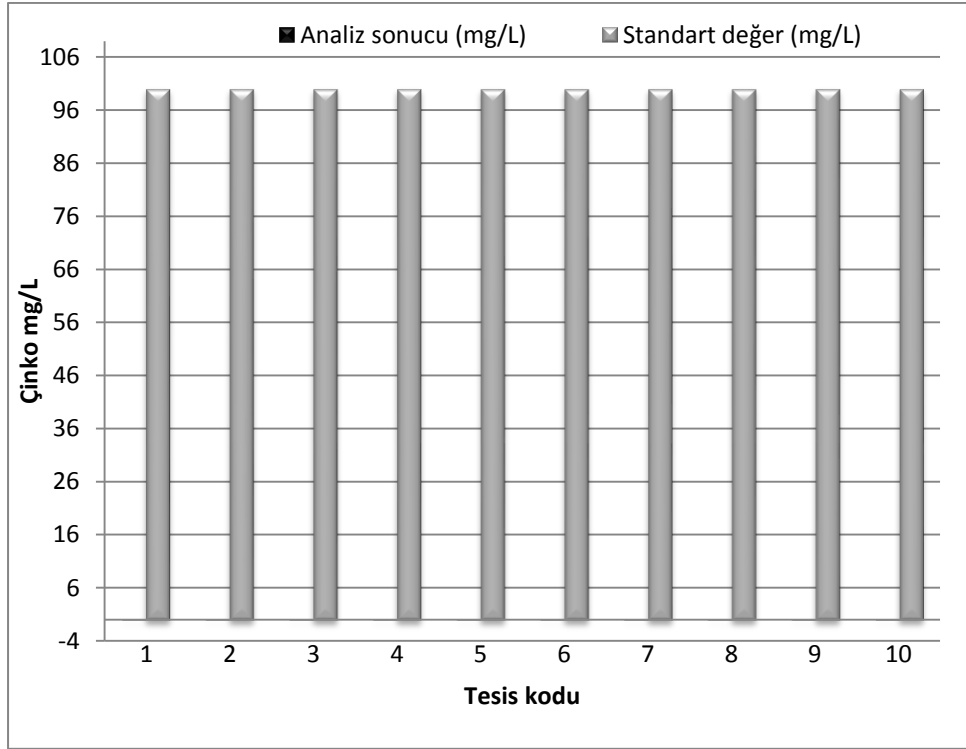
Şekil 4.10: TS EN 1008'e göre nitrat analizleri.



Şekil 4.11: TS EN 1008'e göre fosfat analizleri.



Şekil 4.12: TS EN 1008'e göre kurşun analizleri.



Şekil 4.13: TS EN 1008'e göre çinko analizleri.

Yoğunluğu, 1.01 kg/L'den daha büyük olan geri kazanılmış su içerisindeki katı maddenin, homojen olarak dağılımının sağlanması için uygun donanım yapılmalıdır. Yoğunluğu 1.01 kg/L'ye eşit veya daha küçük olan suyun içerisindeki katı madde miktarı ihmal edilebilir (TSE 2003).

Yapılan çalışmada tesislerin geri dönüşüm suyu analiz sonuçlarına göre sadece 2 tesisin yoğunluk değerlerinin 1.01 kg/L'den küçük olduğu ve suyun içerisindeki katı madde miktarının ihmal edilebilir seviyede olduğu; 8 tesisin analiz sonuçlarına göre yoğunluk değerlerinin 1.01 kg/L'den büyük olduğu ve bu tesislerde suyun içerisindeki katı maddenin homojen olarak dağılımının sağlanması için uygun donanımın tesis edilmesi gerektiği görülmektedir. Söz konusu 8 tesisin çökeltme havuzlarında herhangi bir karıştırıcı veya diğer bir donanım bulunmamaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 10 tesisin geri dönüşüm suyu kimyasal analiz sonuçlarının tamamının TS EN 1008'de verilen standart değerleri sağladığı hatta çok altında kaldığı tespit edilmiştir. TS 1008 kapsamında karma suyunda klorür için verilen sınır değer beton türlerine göre 500/1000/4500 mg/L olup incelenen 10 tesisin tamamında bu değer çok altında kalınmaktadır ve en yüksek değer 272.537 mg/L ile 3 nolu tesiste elde edilmiştir. Sülfat açısından standart değer 2000 mg/L olup 10 tesisin tümünde bu değer altında sonuç elde edilmiştir ve en yüksek değer 8 nolu tesiste 1168.3 mg/L dir. Nitrat için limit değer 500 mg/L dir ve 10 tesisin tamamında limit değer sağlanmaktadır, tespit edilen en yüksek değer 7 nolu tesiste 31.802 mg/L dir. Fosfat için standart değer 100 mg/L dir ve 10 tesisin tümünde fosfat <0.5 mg/L tespit edilmiştir. Kurşun için limit değer 100 mg/L olup tüm tesislerde bu değer altında kalınmaktadır. Tüm tesislerde kurşun <0.02 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çinko için limit değer 100 mg/L olup tüm tesislerde bu değer altında kalınmaktadır. Elde edilen en yüksek değer 0.045 mg/L ile 1 nolu tesise aittir, diğer tüm tesislerde çinko <0.04 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Klus ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada ČSN EN 1008 standardı kapsamında test edilen özellikler arasında pH, sıcaklık, iletkenlik, klorürler, sülfatlar ve nitratlar bulunmaktadır ve analiz sonuçları ČSN EN 1008'de belirtildiği gibi beton karışım suyu gereksinimlerini karşılamaktadır. Yılmaz ve diğ. (2016) tarafından yapılan çalışmada 3 tesis ele alınmıştır ve çökeltim havuzu giriş ve çıkış noktalarından alınan su numunelerinde TS EN 1008 kapsamında klorürler, nitratlar,

sülfatlar, fosfatlar, kurşun ve çinko parametreleri incelenmiştir, sonuçlar sınır değerlerin çok altında olduğunu göstermektedir. Ekolu ve Dawneerangen (2010) yaptıkları çalışmada çökeltme havuzu çıkışından aldıkları numunenin kimyasal su testlerini SANS 51008 kapsamında incelemişlerdir ve sonuç olarak numunenin limit değerleri karşıladığını, hatta limit değerlerin çok altında olduğunu belirtmişlerdir. Coşkun (2007) yaptığı çalışmada atıksu numunelerinin kimyasal su testlerini (nitrat, pH, AKM, çinko, Cl, sülfat, şeker ve kurşun) TS EN 1008 kapsamında değerlendirmiştir ve sonuçların limit değerleri sağladığını belirtmiştir. Nallı (2006) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar elde etmiştir ve TS EN 1008 kapsamında istenen su şartlarının sağlandığını belirtmiştir. Özkul ve Doğan (2016) yaptıkları çalışmada transmikser yıkama suyunun TS EN 1008'e kimyasal su analizlerinden; sülfat, klorür, sodyum oksit, potasyum oksit, toplam alkali, pH, Pb^{+2} , nitrat, $P^{2}O^{5}$, Zn^{+2} gerçekleştirmişlerdir ve sonuçların standart gerekliliklerini sağladığını hatta değerlerin limitlerin çok altında kaldığını tespit etmişlerdir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde çökeltme havuzu çıkış sularından TS EN 1008 standardına göre yapılan kimyasal testlerinde tüm sonuçların bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ile benzer olduğu ve gereklilikleri sağladığı, limit değerlerin çok altında sonuçlar tespit edildiği görülmektedir.

4.2 Beton Kalitesi Açısından Değerlendirme

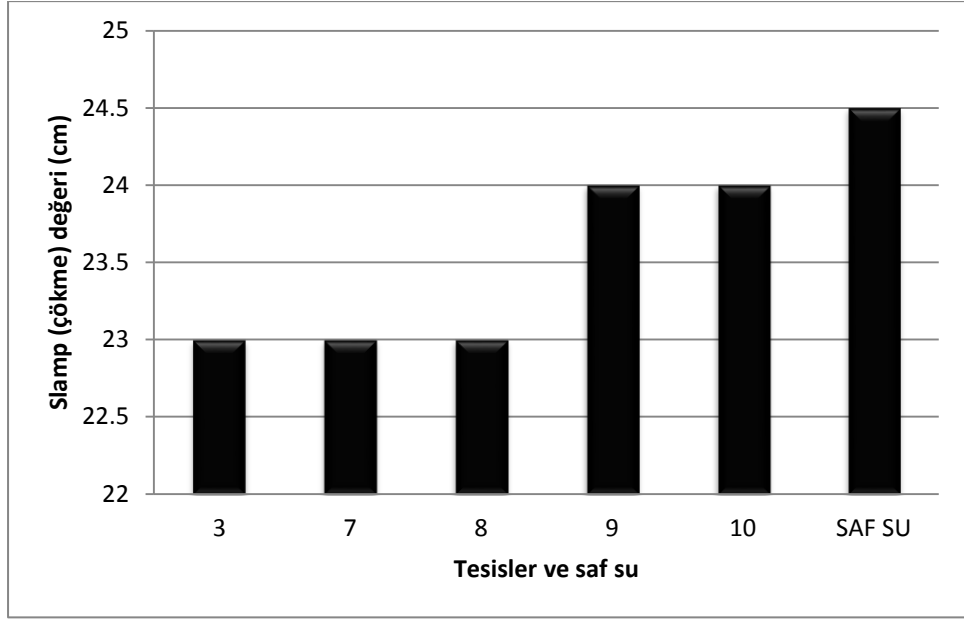
4.2.1 Taze Beton Deneyle

4.2.1.1 Kıvam Tayini Açısından Değerlendirme

Kıvam betonun akıcılığı(plastikliği) ile veya kendi ağırlığı altında hareket etme kabiliyeti ile ilgili bir özellik olup bu özelliğe en önemli etkiyi su veya özel kimyasal katkı maddesi yapmaktadır. Taze betonun kıvamı, karışım suyu nedeniyle taze betonun kazandığı akıcılığın ölçüsüdür. Taze beton kütleindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılır. Betonlardan istenen kıvam özelliği, betonun kullanılacağı yere, sıkıştırma ve yerleştirme tekniğine dayanır. İşlenebilirlik

derecesi dolayısıyla kıvamı, yapı elemanlarının boyutlarına, şekli ile donatı aralıklarına bağlıdır (Şimşek 2016).

Bu çalışma kapsamında incelenen hazır beton santrallerinden 5 ayrı tesisten alınan geri dönüşüm suyu numuneleri ve ayrıca karşılaştırma için saf su ile hazırlanan taze betonda gerçekleştirilen kıvam deneyi çökme (slamp) değerleri Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14: Taze beton kıvam deneyi slamp (çökme) değerleri.

Çökme değerleri 23-24.5 cm aralığında değişmekte olup elde edilen çökme değerlerine göre hazırlanan beton numunelerinin tümünün kıvam sınıfı TS EN 206'ya göre S5'dir. Tesislerden alınan numunelerin çökme değerlerinin, saf su ile gerçekleştirilen deney sonucuna göre %2, %6 daha düşük olduğu görülmüştür. Nallı (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada beton karma suyu içerisinde geri dönüşüm suyu oranı arttıkça çökme değerinin de artmasına neden olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, bu çalışma kapsamında %100 geri dönüşüm suyu kullanıldığında çökme değerleri 23-24,5 cm aralığında yüksek çıkmıştır. Güner (2018) tarafından, geri dönüşüm suyu ile yapılan beton numune S4 kıvam sınıfında (16-21 cm) belirlenmiş olup bu sınıf yerleşimi kolay beton olarak tanımlanmıştır. Yüksek çökme değeri betonun mukavemetine olumsuz etki gösterdiğinden beton karma suyunun ayarlanmasının dikkatli yapılması gerektiği, üretilecek beton sınıfına göre ayrı geri dönüşüm suyu reçetesinin hazırlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Literatürde yapılan diğer bir çalışmada kısmen veya tamamen betonda geri dönüşüm suyu kullanıldığında işlenebilirlikte bir miktar kayıp olduğu gözlenmiştir (Ekolu ve Dawneerangen, 2010). Coşkun ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada çökme değeri 19 olarak tespit edilmiştir. Literatürde gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda 12-21 cm aralığında değişen farklı çökme değerleri görülmektedir (Güner, 2018, Asadollahfardi ve diğ. 2015, Nallı, 2006). Beton çökme(slamp) değerleri ile kıvam sınıfları arasındaki ilişki Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8: Taze betonun, çökme(slamp) değerlerine göre kıvam sınıflaması ve özellikleri.

Kıvam Sınıfı	Çökme (mm)	Özellik
S1	10-40	Su miktarı çok az, vibrasyonla özenli ve kuvvetli bir şekilde yerleştirilmediği takdirde betonda boşluklar kalır.
S2	50-90	Vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli, betonarme yapılar için uygun
S3	100-150	Donatının fazla sık olması halinde seçilir.
S4	160-210	Su miktarı fazla, vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli değil. Çok sık donatı bulunması halinde kullanılmasına izin verilir.
S5	≥220	Bu kıvama su azaltıcı veya süper akışkanlık kazandırıcı katkı ile kullanılmasına izin verilir.

4.2.1.2 Priz Süresine Göre Değerlendirme

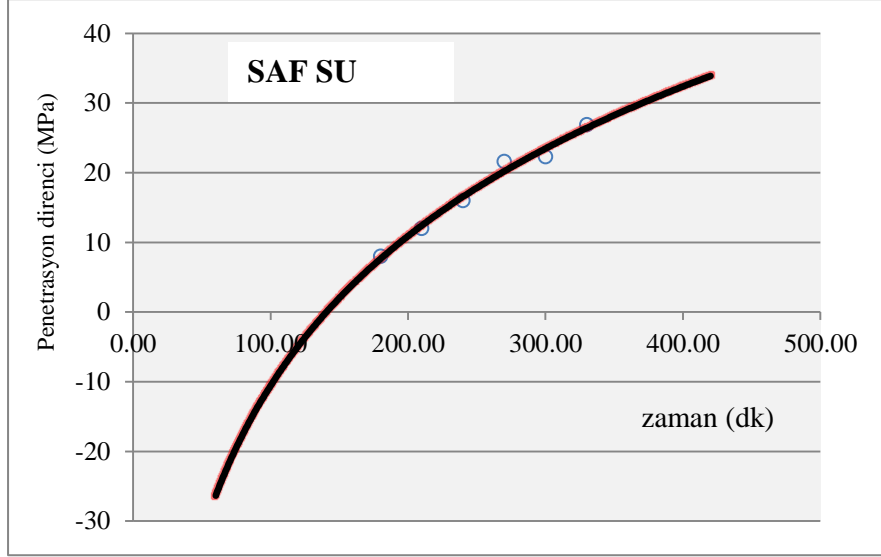
Çalışma kapsamında uygunluğu araştırılan 5 ayrı tesise ait geri dönüşüm suları ile ve ayrıca karşılaştırmada kullanılmak üzere saf su ile hazırlanan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç ve priz bitiş süreleri aşağıda Tablo 4.9’da verilmiştir. Penetrasyon direncinin 3.5 MPa’ya ulaştığı süre, priz başlangıç süresi olarak ve penetrasyon direncinin 27.6 MPa’ya ulaştığı süre, priz bitiş süresi olarak belirlenir. TS EN 1008 standardına göre uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresi, bir saatten daha az olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton numunelerde elde edilen priz başlangıç süresine göre % 25’ten daha fazla sapma göstermemelidir. Priz bitiş süresi ise 12 saatten daha uzun olmamalı ve damıtık su veya deiyonize su ile yapılan beton

numunelerde elde edilen priz sona erme süresine göre % 25'ten daha fazla sapma göstermemelidir (TSE 2003). Tablo 4.9'da, saf su ile yapılan beton numunesinin ve 5 tesise ait atıksu numuneleri ile hazırlanan beton numunelerinin priz başlangıç süreleri dakika cinsinden “priz başlangıç süresi (dk)” sütununda ve priz bitiş süreleri dakika cinsinden “priz bitiş süresi (dk)” sütununda verilmiştir. Saf suyun priz başlangıç ve bitiş sürelerinin %25'lik sapma limitleri “saf su -%25 max. sapma limiti” ve “saf su +%25 max. sapma limiti” sütunlarında dakika cinsinden verilmiştir.

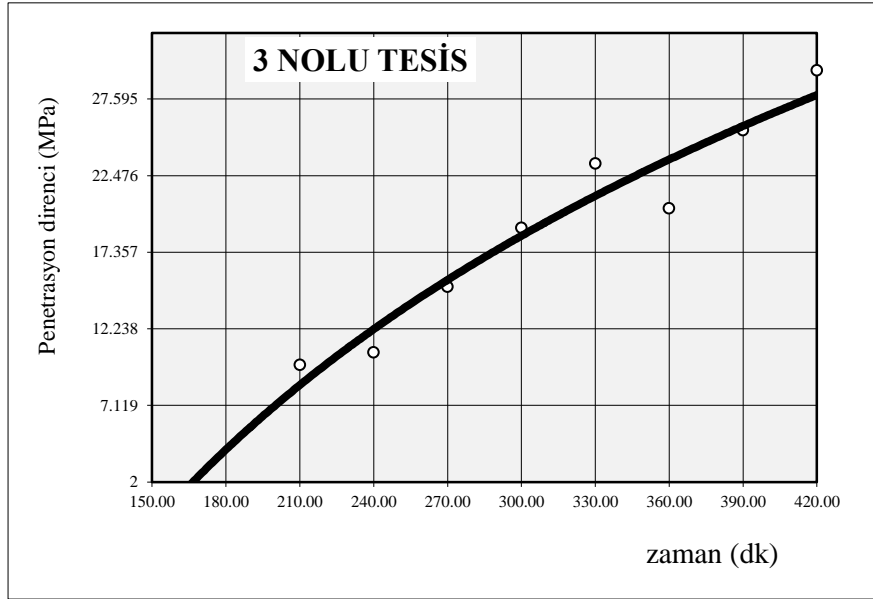
Tablo 4.9: Taze betonun, priz başlangıç ve priz bitiş değerleri.

TESİS KODU	PRİZ BAŞLANGIÇ SÜRESİ (DK)	SAF SU -%25 MAX SAPMA LİMİTİ (DK)	SAF SU +%25 MAX SAPMA LİMİTİ (DK)	PRİZ BİTİŞ SÜRESİ (DK)	SAF SU - %25 MAX SAPMA LİMİTİ (DK)	SAF SU +%25 MAX SAPMA LİMİTİ (DK)
8 nolu tesis	196	120	200	390	270	450
9 nolu tesis	197	120	200	360	270	450
7 nolu tesis	176	120	200	388	270	450
3 nolu tesis	178	120	200	418	270	450
10 nolu tesis	126	120	200	387.5	270	450
SAF SU	160			360		

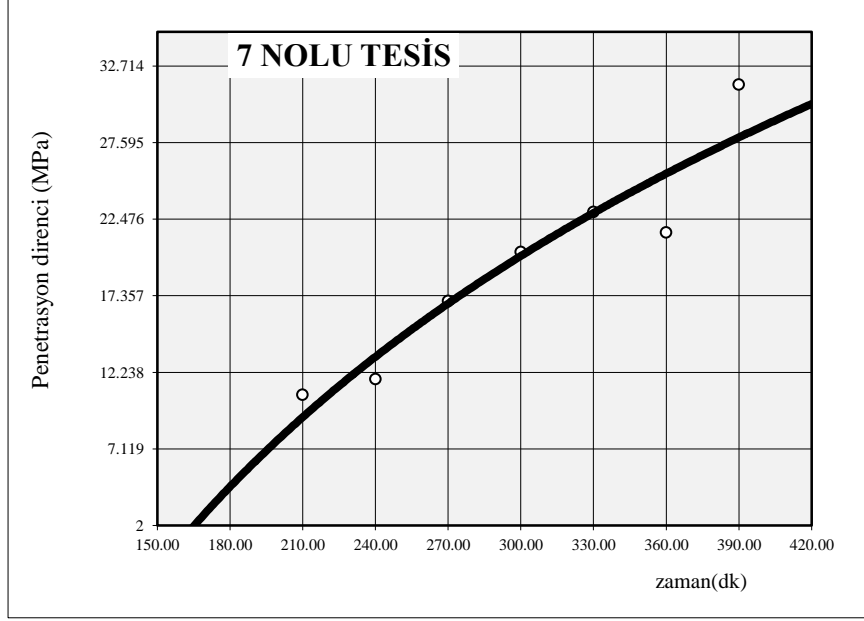
Yapılan deney çalışmasında, saf su ve 5 ayrı tesise ait zamana bağlı priz alma değişimleri Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



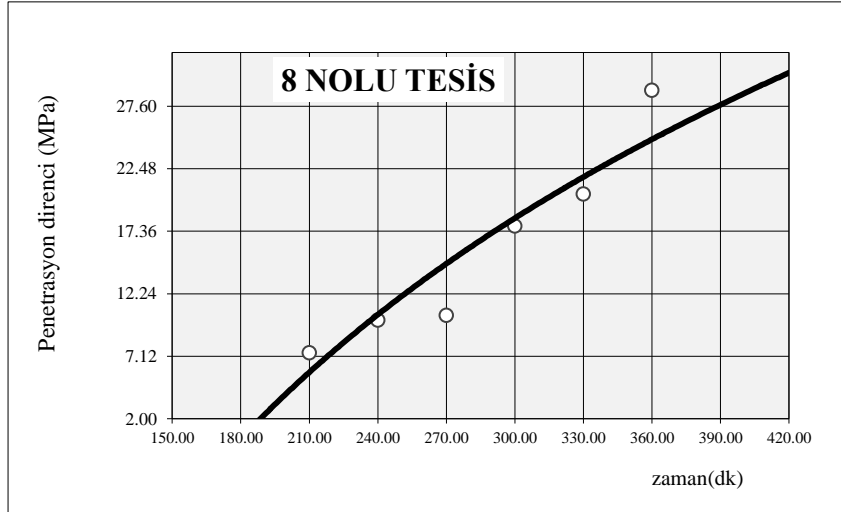
Şekil 4.15: Taze beton priz deneyi, saf su için priz alma-zaman değişimleri.



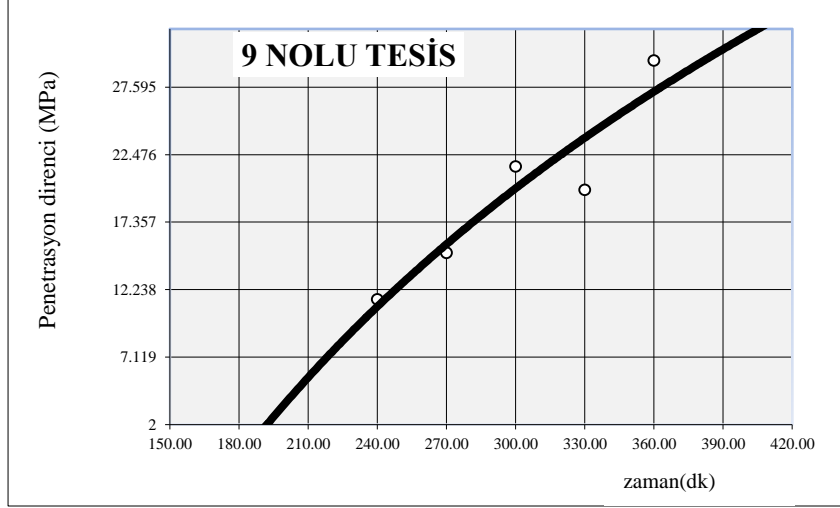
Şekil 4.16: Taze beton priz deneyi, 3 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri.



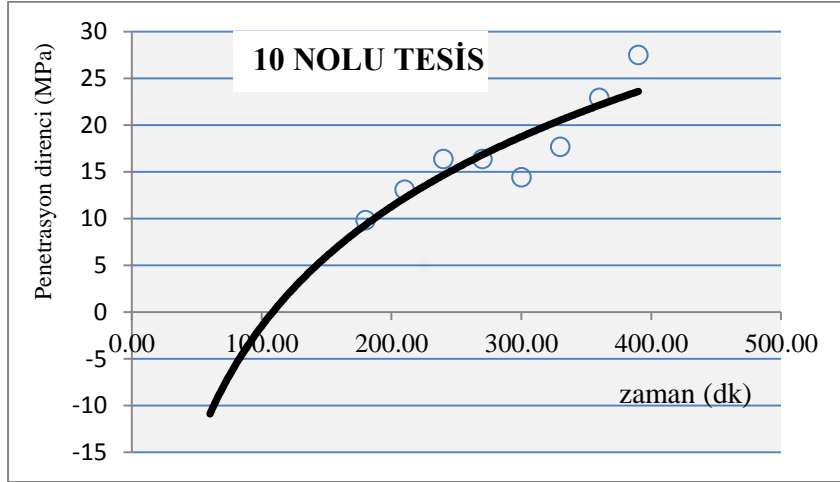
Şekil 4.17: Taze beton priz deneyi, 7 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri.



Şekil 4.18: Taze beton priz deneyi, 8 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri.

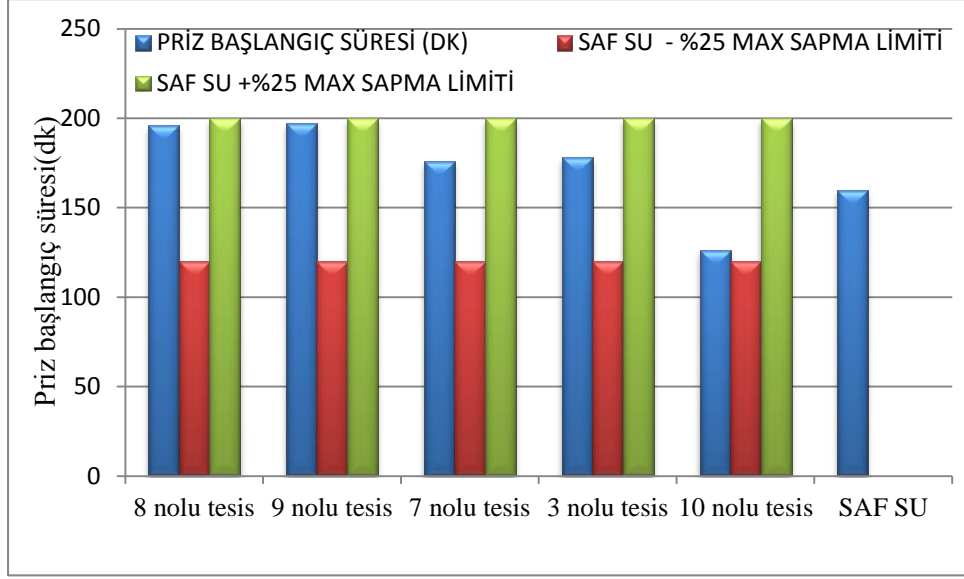


Şekil 4.19: Taze beton priz deneyi, 9 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri.

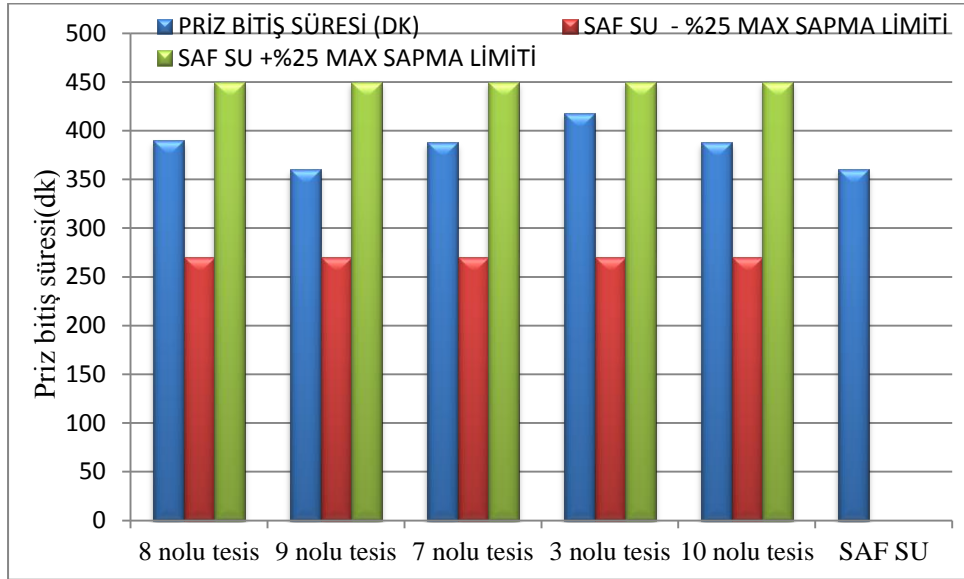


Şekil 4.20: Taze beton priz deneyi, 10 nolu tesis için priz alma-zaman değişimleri.

Priz deneyi sonucunda tespit edilen priz başlangıç süreleri ve TS EN 1008 standardında karşılaştırılması istenen saf su priz başlangıç süresi ile %25'lik sapma limitleri Şekil 4.21'de; priz bitiş süreleri ve saf su priz bitiş süresi ile %25'lik sapma limitleri Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21: Taze betonun, priz başlangıç süreleri ve saf su priz başlangıç süresi ile %25'lik sapma limitleri.



Şekil 4.22: Taze betonun, priz bitiş süreleri ve saf su priz bitiş süresi ile %25'lik sapma limitleri.

Taze beton priz süresi deneylerinde 5 ayrı tesis geri dönüşüm suyu ve karşılaştırmada kullanılmak üzere saf su incelendi. Priz başlangıç süreleri tüm tesisler için bir saatten daha geç gerçekleşerek, standardın gerekliliğini sağladı ve en hızlı gerçekleşen priz 10 nolu tesise ait deney sonucunda 126 dk oldu. Benzer şekilde tüm tesislerde priz bitiş süresi 12 saatten önce gerçekleşerek standart gerekliliklerini sağladığı görüldü. En geç priz bitiş süresi 418 dakika ile 3 nolu tesiste gerçekleşti.

5 tesiste de geri dönüşüm suyu priz süreleri saf su priz süresi ile karşılaştırıldığında; priz başlangıç değerleri için ve priz bitiş değerleri için Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de de görüldüğü gibi %25'ten fazla sapma göstermeyerek standart gerekliliklerini sağladığı görüldü.

5 tesisten 10 nolu tesis hariç, diğer 4 tesiste priz başlangıç sürelerinin saf su priz başlangıç süresinden daha geç gerçekleştiği yani betonun daha geç sertleşmeye başladığı görüldü. 10 nolu tesise ait priz başlangıcı saf su priz süresinden daha erken gerçekleşti yani daha erken sertleşmeye başladı. 10 nolu tesis geri dönüşüm suyu analizleri incelendiğinde diğer tüm tesislerden daha yüksek Cr^{+6} konsantrasyonuna sahip olduğu görülmüştür. Klus ve diğ. (2017) çalışmalarında hazır beton atıksuyunu karma suyunda %20, %50 oranlarında kullanarak saf su ile hazırlanan karma suyu ile karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında %20, %50 oranlarında karma suyunu beton atıksuyu ile hazırladıklarında her iki oranda da priz başlangıç ve bitiş süreleri etkilenmemiş aynı sürede gerçekleşmiştir, karma suyunu kontrol numunesi ile karşılaştırdıklarında atıksu karışımı numunelerde priz başlangıç ve bitiş süresi 15 dk erken gerçekleşmiştir. Yani işlenebilirlikte kayıp yaşanmıştır. Low ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada farklı özgül ağırlıklarda beton atıksuyu numuneleri hazırlanarak priz süreleri incelenmiş ve özgül ağırlığı 1.03 ve daha büyük değerde kullanıldığında kontrol karışımına kıyasla %20 su talebinde artış gerçekleşirken priz başlangıç süresi keskin şekilde azalmıştır. Bu sonuç işlenebilirlikte kayıp yaşanmasına neden olduğundan istenen bir durum değildir. Özgül ağırlığın 1.03 değerinin altında kullanılmasını önermişlerdir. Asadollahfardi ve arkadaşları (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada musluk suyunu ve beton yıkama suyunu farklı oranlarda karıştırarak hazırladıkları karma suyu ile beton numuneler yapmışlardır. Bunlardan %50-%50 karışım ile ve %70 geri dönüşüm suyu-%30 musluk suyu ile yapılan numuneler maksimum priz süresine sahipken, %100 musluk suyu ile ve %30 geri dönüşüm suyu-%70 musluk suyu ile yapılan numuneler minimum priz süresine sahiptir. Literatür ile karşılaştırıldığında bu çalışmada elde edilen bulgular benzerdir. Atıksuyun yüksek oranda kullanıldığı karma suyu ile yapılan beton numunelerinde priz süresi saf su ile yapılan beton numunesine göre daha geç gerçekleşmiştir.

4.2.2 Sertleşmiş Beton Deneyleri

4.2.2.1 Beton Basınç Dayanımı

Betonun en önemli mekanik özelliğinden birisi basınç mukavemeti(dayanımı)dir. Betonun basınç dayanımı, betonun diğer nitelikleriyle paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı bir betonun; kompasitesi yüksek, su geçirgenliği çok az, dış etkilere dayanıklı ve aşınması az olur (Şimşek 2016).

TS EN 1008'e göre, uygunluğu araştırılan su ile yapılan beton veya harç numunelerin 7 günlük ortalama basınç dayanımı, aynı yaşta deneye tâbi tutulan damıtık su veya deiyonize su ile hazırlanmış numune basınç dayanımının % 90'ından daha küçük olmamalıdır.

Bu çalışma kapsamında uygunluğu araştırılan sular ile yapılan betonlar C30/37 sınıfında hazırlanmıştır. C30 sınıfı beton için en düşük karakteristik küp dayanımı 37 MPa'dır (TSE 2014).

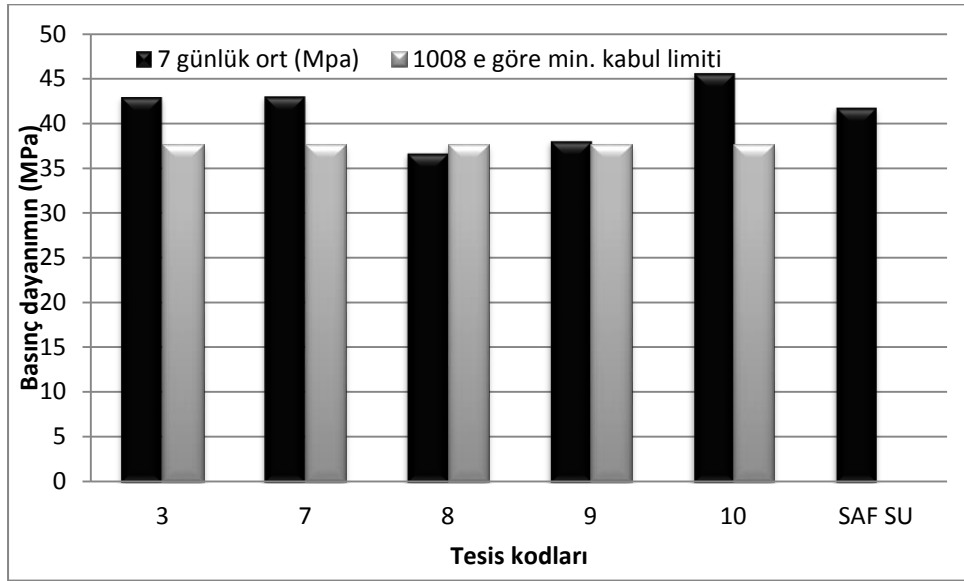
Yapılan çalışmada 5 ayrı tesis geri dönüşüm suyu ile ve karşılaştırmada kullanılmak üzere saf su ile, her biri için 3'er adet hazırlanan beton küp numunelerinin basınç dayanımı tayini sonucu elde edilen değerler ve her bir tesisin ortalama basınç dayanım değeri Tablo 4.10'de verilmiştir.

Tablo 4.10: Sertleşmiş beton, basınç dayanım tayini sonuçları.

TESİS NO	7 günlük basınç dayanımı değerleri (MPa)			7 günlük ort (Mpa)	28 günlük basınç dayanımı değerleri (MPa)			28 günlük ort (Mpa)
3	43.38	42.7	42.91	43.00	51.46	52.13	50.11	51.23
7	42.62	42.78	43.8	43.07	55	53.83	54.16	54.33
8	38.39	36.02	35.78	36.73	46.09	47.72	46.44	46.75
9	38.03	39.21	37.05	38.10	47.96	48.07	45.33	47.12
10	45.45	46.71	44.8	45.65	56.4	55.83	56.06	56.10
SAF SU	42.77	43.02	39.65	41.81	51.75	52.16	54.32	52.74

Deney numunelerindeki 7 günlük ortalama basınç dayanımının, aynı yaşta deneye tâbi tutulan saf su ile hazırlanmış numuneye ait ortalama basınç dayanımının % 90'ı ile karşılaştırılması Şekil 4.23'te gösterilmiştir.

Bu çalışmada geri dönüşüm suyu analiz sonuçlarına göre 10 tesis içerisinde seçilen 5 ayrı tesis geri dönüşüm suyu ve karşılaştırmada kullanılmak üzere saf su ile C30/37 beton sınıfında hazırlanan beton numunelerinden yapılan 150*150*150 mm'lik küp numuneler üzerinde basınç dayanım tayinleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.23: Deney numunelerindeki 7 günlük ortalama basınç dayanımının, saf su basınç dayanımının % 90'ı ile karşılaştırılması.

Basınç dayanımları; saf su basınç dayanımına göre tesislerin 7 günlük ortalama sonuçları incelendiğinde 2 tesise ait basınç dayanımlarının saf su basınç dayanımından daha düşük olduğu, 3 tesiste ise basınç dayanımlarının saf su basınç dayanımından daha yüksek olduğu görülmüştür. 28 günlük ortalama sonuçlar incelendiğinde; 3 tesise ait basınç dayanımlarının saf su basınç dayanımından daha düşük olduğu, 2 tesiste ise basınç dayanımlarının saf su basınç dayanımından daha yüksek olduğu görülmüştür. 7 ve 28 günlük basınç dayanımında en yüksek basınç dayanımı (sırasıyla 45.65- 56.10 MPa) 10 nolu tesiste görülmüştür. 10 nolu tesis geri dönüşüm suyu analiz sonuçları incelendiğinde Cr^{+6} değerinin tüm tesislerden yüksek olduğu (0.872 mg/L) tespit edilmiştir.

C30/37 beton sınıfı açısından 28 günlük basınç dayanım sonuçları incelendiğinde; bu sınıf için limit basınç değeri olan 37 MPa'nın, 5 tesisin tümünün sonuçlarında sağlandığı hatta tüm tesislerin değerlerinin çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

TS EN 1008'e göre 7 günlük basınç dayanım ortalama sonuçları incelendiğinde; sadece 8 nolu tesisin saf su basınç dayanımının %90'ından (37.63 MPa) daha küçük olduğu (36.73 MPa) yani gerekli şartı çok küçük bir farkla sağlamadığı görülmüştür. Diğer tüm tesislerin basınç dayanımları standardın gereklerini sağlamıştır. 8 nolu tesisin geri dönüşüm suyu analiz sonuçları incelendiğinde diğer 4 tesise göre bu tesisin en yüksek AKM ve pH değerine en düşük Cr^{+6} değerlerinden birine sahip olduğu görülmektedir. <0.05 ile en düşük Cr^{+6} değerine sahip 2 tesis olup diğer tesis basınç dayanım değerinin(43.07 MPa), saf su basınç dayanımının %90'ından (37.63 MPa) daha yüksek olduğu görülmektedir.

Nallı (2006) tarafından yapılan çalışmada %100 geri dönüşüm suyu ile yapılan numunede hedef basınç dayanımın sağlandığını; %25 geri dönüşüm suyu-%75 içme suyu ile yapılan numunede en yüksek basınç dayanımının sağlandığını; TS EN 1008'e göre 7 günlük basınç dayanımının referans dayanımının %90'ından küçük olmama şartının sağlandığını belirtmiştir. Coşkun (2007) milli suyu ve geri dönüşüm suyunu farklı oranlarda karıştırarak yaptığı numunelerden %60 geri dönüşüm suyu-%40 milli su ile yapılan numunede en iyi sonucun elde edildiğini ve basınç dayanımında belirgin artış görüldüğünü belirtmiştir. Low ve diğ. (2007) karma suyu olarak farklı yoğunluklarda beton çamur suyunu kullanarak yaptıkları beton numunelerde, 1.02 kg/L'ye kadar yoğunluğu olan çamur suyu kullanıldığında basınç dayanımının BS EN 1008'de belirtilen %90 şartını sağladığını söylemişlerdir. Ekolu ve Dawneerangen (2010) karma suyu olarak şebeke suyu ve çökeltme havuzu çıkış suyunu farklı oranlarda karıştırarak yaptıkları beton numunelerde; karma suyundaki geri dönüşüm suyu oranı arttıkça basınç dayanımının da arttığını belirtmişlerdir. Asadollahfardi ve arkadaşları (2015) karma suyu olarak musluk suyu ve beton yıkama suyunu farklı oranlarda kullanmışlar ve %50 musluk suyu-%50 beton yıkama suyu kullanıldığında maksimum basınç dayanımının sağlandığını, beton yıkama suyunun örneklerin basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemediğini söylemişlerdir. Özkul ve Doğan (2016) çalışmalarında transmikser yıkama suyunu

farklı yoğunluklarda kullanarak yaptıkları beton numunelerde; yoğunluğun 1.05 kg/L değerinin altında kullanılması durumunda beton basınç dayanımının yeterli seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yıkama suyu içerisindeki katı maddenin çimentonun bir kısmı ile yer değiştirmesi durumunda artan su/çimento oranı nedeniyle her yaştta dayanım kaybı meydana geldiğini, katı maddenin doğal kum ile yer değiştirmesi durumunda erken basınç dayanımının (3 günlük) artış gösterdiğini, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında ise önemli bir azalma olmadığını belirtmişlerdir. Coşkun ve diğ. (2017) kuyu suyu ve geri dönüşüm suyu ile hazırladıkları beton numunelerde 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçlarının birbirine yakın olduğunu söylemişlerdir. Klus ve diğ. (2017) %20 beton çamur suyu %50 karma suyu kullandıkları beton numunelerin 28. günden sonra basınç dayanımının arttığını belirtmişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazır beton üretim tesislerinde oluşan evsel atıksu haricindeki atıksuyun, çökeltme havuzlarından sonra, alıcı ortama deşarjının uygunluğunun ayrıca üretim prosesinde, beton karma suyu olarak tekrar kullanılabilirliğinin, 10 ayrı tesisten alınan numuneler üzerinde, SKKY ve TS EN 1008 kapsamında araştırıldığı bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

Çökeltme havuzu çıkış sularının, SKKY limit değerlerine göre; incelenen 10 tesisten %100'ünde yüksek pH konsantrasyonu, %60'ında yüksek AKM konsantrasyonu, %30'unda yüksek Cr^{+6} konsantrasyonu ile limit değerleri sağlamadığı ve alıcı ortama deşarj edilmeye uygun olmadığı tespit edilmiştir. İncelenen tesislerin %100'ünde yağ gres ve renk parametrelerinin limit değerleri sağladığı tespit edilmiştir.

10 tesis içerisinde belirlenen 6 tesiste çökeltme havuzlarındaki göz sayısının arıtma verimi incelenmiş ve ilave bir gözün; %63, %81, %36, %78, %58, %8 oranlarında ilave AKM giderimi sağladığı; 4 tesiste son gözün renk giderimine %1, %23, %41, %82 ilave katkı sağladığı(2 tesiste analiz sonucunun <10 olması nedeniyle karşılaştırma yapılamamıştır.); pH giderimine önemli bir etkisinin olmadığı; 3 tesiste %15, %53 ve %84 ilave krom giderimi sağladığı görülmüştür. Diğer 3 tesiste ise krom konsantrasyonunda artış olduğu görülmüştür(Bu tesislerde çökeltme havuzunun son gözü, yağmur suyu ile ve saha temizlik suları ile saha zeminindeki çimento kalıntılarını içeren katı maddelerin taşınımına ve son göze ulaşmasına müsait şekilde konumlandırılmıştı ayrıca havuz dip çamur temizlikleri yapılmamıştı. Krom konsantrasyonundaki artışın kaynağı yanlış konumlandırılmış havuz yapısı nedeniyle ilave krom girişi olabilir ayrıca dip çamurlarının temizlenmemiş olması da bu sonuca neden olabilir).

Uygunluğu araştırılan 10 tesis çökeltme havuzu son göz çıkış sularından alınan numuneler beton karma suyunun ön muayenesi için TS EN 1008 standardına göre; sıvı ve katı yağlar, deterjanlar, askıda katı madde, koku, asitler ve organik madde açısından incelendi ve tüm numunelerin gerekli şartları sağladığı tespit edildi.

Çalışma kapsamında incelenen 10 tesisin geri dönüşüm suyunun TS EN 1008 kapsamında klorür, sülfat, nitrat, fosfat, kurşun, çinko açısından kimyasal analiz sonuçlarının tamamının TS EN 1008’de verilen standart değerleri sağladığı hatta çok altında kaldığı tespit edilmiştir.

TS EN 1008 kapsamında yapılan tesislerin geri dönüşüm suyu yoğunluk analiz sonuçlarına göre; sadece 2 tesisin yoğunluk değerlerinin 1.01 kg/L’den küçük olduğu ve suyun içerisindeki katı madde miktarının ihmal edilebilir seviyede olduğu; 8 tesisin analiz sonuçlarına göre yoğunluk değerlerinin 1.01 kg/L’den büyük olduğu ve bu tesislerde suyun içerisindeki katı maddenin homojen olarak dağılımının sağlanması için uygun donanımın tesis edilmesi gerektiği görülmektedir.

Beton çökme değerlerinin 23-24.5 cm aralığında değiştiği, tesislerden alınan numune sonuçlarının saf su ile gerçekleştirilen deney sonucuna göre çökme değerlerinin %2, %6 daha düşük olduğu görülmüştür. Elde edilen çökme değerlerine göre hazırlanan beton numunelerinin tümünün kıvam sınıfı TS EN 206’ya göre S5’ dir.

Taze beton priz süresi deneylerinde 5 ayrı tesis geri dönüşüm suyu ve karşılaştırmada kullanılmak üzere saf su incelendi. TS EN 1008 kapsamında priz başlangıç süreleri tüm tesisler için bir saatten daha geç gerçekleşti ve tüm tesisler standardın gerekliliğini sağlamıştır. Benzer şekilde tüm tesislerde priz bitiş süresi 12 saatten önce gerçekleşerek standart gerekliliklerini sağladığı görülmüştür. 5 tesiste de geri dönüşüm suyu priz süreleri saf su priz süresi ile karşılaştırıldığında; priz başlangıç süreleri ve priz bitiş süreleri %25’ten fazla sapma göstermeyerek standart gerekliliklerini sağladığı görülmüştür.

Priz süresi için incelenen 5 tesisten, 4’ünde priz başlangıç sürelerinin saf su priz başlangıç süresinden daha geç gerçekleştiği yani betonun daha geç sertleşmeye başladığı görülmüştür.

TS EN 1008 kapsamında, 5 tesise ait geri dönüşüm suyu ile sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanım testleri yapılmıştır. TS EN 1008’e göre 7 günlük basınç dayanım ortalama sonuçları incelendiğinde; sadece 1 tesisin saf su basınç dayanımının %90’ından (37.63 MPa) daha küçük olduğu (36.73 MPa) yani çok

küçük bir farkla gerekli şartı sağlamadığı görülmüştür. Diğer tüm tesislerin basınç dayanımları standardın gereklerini sağlamıştır.

C30/37 beton sınıfı açısından 28 günlük basınç dayanım sonuçları incelendiğinde; bu sınıf için limit basınç değeri olan 37 MPa'nın, 5 tesisin tümünün sonuçlarında sağlandığı hatta tüm tesislerin değerlerinin çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

Beton endüstrisindeki işlemlerden çöktme havuzları ile geri kazanılan suların beton karma suyu olarak kullanılabilmesi için TS EN 1008'de verilen gereklilikler açısından bu çalışma kapsamında 10 tesisten alınan geri dönüşüm suları incelenmiştir ve araştırma sonuçları bu geri dönüşüm sularının beton karma suyu olarak kullanımının uygun olduğunu göstermiştir.

Ancak atıksuyun karakteristik özellikleri sabit olmayıp değişkenlik göstereceği için uygulama sırasında verimli olarak tekrar kullanılabilmesi için sürekli olarak uygunluğu kontrol altında tutulmalıdır. Geri dönüşüm suyu yoğunluk değerleri büyük oranda 1.01 kg/L'den büyük olduğu için geri dönüşüm havuzlarında suyun içerisindeki katı maddenin homojen olarak dağılımının sağlanması için karıştırıcı gibi uygun donanımın tesis edilmesi gerekmektedir.

Çöktme havuzları tasarlanırken tesiste oluşan tüm atıksuyu alabilecek boyutta, gerekli bekletme sürelerini sağlayacak boyutta, göz sayısında ve yapısında olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çöktme havuzlarının çamur temizlikleri sık sık yapılmalıdır. Çöktme havuzlarında AKM miktarını ve çamur miktarını azaltmak için havuz öncesinde atıksudan mıcır, beton kalıntılarını içeren katı maddeyi ayırmak için, geri dönüşüm sistemi kurulması önerilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen 10 tesisten %60'ı oluşan atıksularını beton üretiminde tekrar kullandıklarını belirtirken %40'ı geri dönüşüm sularını tozumaya karşı tesis içi yolları sulamak, alıcı ortama vermek gibi SKKY'ne uygun olmayan şekilde kullandıklarını belirtmiştir.

Atıksuyun arıtımı konusunda uygun maliyetli know-how eksikliği, ekonomide yaşanan daralmalar, bunun sonucu olarak iş hacimlerinin düşmesi, artan rekabet koşulları ile karlılığın giderek düşmesi ve önemli gerekçelerden biri olarak

birçok tesiste suyun yeraltı kuyularından temin edilmesiyle ücretsiz olması, suyun işletmeye herhangi bir maliyet getirmemesi nedeniyle geri dönüşüm çabaları çok başarılı olmamaktadır.

6. KAYNAKLAR

Ağdağ, O. N., *Teknik Rapor*, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, (2016).

Andaç, M. S. ve Oral, E., “Hazır beton üretiminde atık yönetimi: Türkiye’deki taze beton atığının durumu”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (2), 85-92, (2016).

Asadollahfardi, G., Asadi, M., Jafari, H., Moradi, A. ve Asadollahfardi, R., “Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete”, *Construction and Building Materials*, 98 (2015), 305–314, (2015).

Baradan, B. Yazıcı, H. Aydın, S. Türkel, S. Ün, H. Yiğiter, H. Felekoğlu, B. Tosun Felekoğlu, K. Yardımcı, M. Y. Topal, A. Öztürk, A. U., *Beton*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 195-196, (2012).

Chini, S. A., Mbwambo, W. J., “Environmentally friendly solutions for the disposal of concrete wash water from ready mixed concrete operations”, *CIB W89 Beijing International Conference*, U.S.A., (1996).

Coşgun, N. ve Esin, T., “Hazır beton üretiminin çevresel etkiler açısından değerlendirilmesi”, *Beton 2004 Hazır Beton Kongresi*, İstanbul, 433-441, (2004).

Coşgun, N. ve Esin, T., “A study regarding the enviromental management system of ready mixed concrete production in Turkey”, *Building And Enviroment*, 41 (2006), 1099-1105, (2005).

Coşkun, İ., Tandırıcı, E. ve Kurt, S., “Geri dönüşüm suyu ikamesinin beton üretimine etkileri”, *Hazır Beton Dergisi*, 144, 73-80, (2017).

Coşkun, U., “Hazır beton santrallerinde geri dönüşüm sistemi ile kazanılan atık suyun (milli su) beton üretiminde değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı*, Afyon, (2007).

Çetinavcı, İ. H., “Su tüketiminde altyapı kuruluşları ve bireylere ait sorumluluklar”, *Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu*, İznik, Bursa, 9-16, (2008).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Türkiye’de temiz(sürdürülebilir) üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması için çerçeve koşulların ve ar-ge ihtiyacının

belirlenmesi projesi sonuç raporu[online]”,
http://www.ekoverimlilik.org/?page_id=569, (2010).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, Ankara: Resmi Gazete Sayı: 25687, (2004).

Demiryürek, B. E., “Türkiye’de Hazır Beton Sektörü ve Sektördeki Büyüme”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2007).

Ekolu, S. and Dawneerangen, A., “Evaluation of recycled water recovered from a ready-mix concrete plant for reuse in concrete”, *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 52 (2), 77-82, (2010).

Güçer, Ş., “Su ve önemi”, *Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu*, İznik, Bursa, 1-7, (2008).

Güner, A., “Hazır beton santrallerinde oluşan çamur ve atıksuyun tekrar kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, (2018).

Gürbüz, A.A., “Magnetik nanopartiküller ile sulu çözeltilerden krom giderilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2007).

Karakule, F. ve Akakın, T., “Hazır beton sektörünün gelişimi ve özel beton uygulamalarında Türkiye’deki durum”, *6. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 113-124, (2005).

Kaya, İ.G.B., “Polimer destekli manyetik yüklü nanopartiküller ile sulu çözeltilerden krom(VI) giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2010).

Kitiş, M., Yiğit, N. Ö., Köseoğlu, H. ve Harman, B. İ., “Kentsel ve endüstriyel atıksuların membran prosesleriyle arıtımı ve geri kazanımı ülkemizdeki mevcut durum”, *Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu*, İznik, Bursa, 269-276, (2008).

Klus, L., Václavík, V., Dvorský, T., Svoboda, J. ve Papesch, R., “The utilization of wastewater from a concrete plant in the production of cement composites”, *Journal*, 7 (120), 1-10, (2017).

Klus, L., Václavík, V., Dvorský, T., Svoboda, J. ve Papesch, R., “The properties of waste water from a concrete plant”, *1st International Conference on Advances in Environmental Engineering*, (2017).

Koçar, B., “Sürdürülebilir beton için CLR-S atık su geri dönüşüm sistemi”, *Hazır Beton Dergisi*, 123, 58-60, (2014).

Lobo, C. ve Mullings, G. M., “Recycled Water in Ready Mixed Concrete Operations[online]”, (Spring 2003), <https://www.nrmca.org/research/33%20CIF%2003-1%20wash%20water.pdf>, (2003).

Low, G. L., Ng, K. Y., Ng, W. L., Tam, C. T. and Heng, R. B. W., “Use of recycled cement-based slurry water for making concrete”, *Journal*, 68 (4), 47-55, (2007).

Milli Eğitim Bakanlığı, *İnşaat Teknolojisi Hazır Beton Üretimi*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, (2012).

Nallı, E., “Hazır beton santrali atık suyunun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı*, Ankara, (2006).

Neuwald, A. D., “Treating and recycling concrete process water”, *National Precast Concrete Association*, may, (2010).

Özkul, M. H. ve Doğan, U. A., “Transmikser yıkama suyunun hazır beton üretiminde geri dönüşümü”, *Hazır Beton Dergisi*, 137, 82-86, (2016).

Paula, H. M. ve Ilha, M. S. O., “Quality of concrete plant wastewater for reuse”, *Scielo Analytics*, 7 (3), (2014).

Paula, H. M., Oliveira Ilha, M. S. and Andrade, L. S., “Chemical coagulants and Moringa oleifera seed extract for treating concrete wastewater”, *Acta Scientiarum*, 38 (1), 57-64, (2016).

Polat, A., “Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1), 58-62, (2013).

Standart Method 2120 C, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Standart Method 2540-D, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Standart Method 3500 Cr B, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Standart Method 4110 B, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Standart Method 4500 H+B, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Standart Method 5520-B, American Public Health Association, *Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association, (2017).

Şen, M., Şen, M. Ç., Şalap, A. ve Derin, E., “Sürdürülebilir beton üretimi için geri dönüşüm suyunun tamamen kullanılması”, *Hazır Beton Dergisi*, 145, 82-86, (2018).

Şimşek, O., *Beton ve beton teknolojisi*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, (2016).

THBB, “Hazır beton sektörü istatistikleri[online]”, <http://www.thbb.org/media/290192/thbb-%C4%B0statistikler-2017.pdf>, (2018).

THBB, *Beton Kullanıcıları İçin Teknik Bilgiler Kılavuzu*, İstanbul: THBB Yayınları, (2015).

THBB, *Beton Üretiminde Temel Bilgiler*, İstanbul: THBB Yayınları, (2006).

TSE, *TS 2987 betonda priz süresinin penetrasyon direncinin Ölçülmesi yöntemi ile tayini*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2011).

TSE, *TS 6290 Su kalitesi-Kobalt, nikel, bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun tayini-Alev atomik absorpsiyon spektrometrik metotları*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (1989).

TSE, *TS 7886 su kalitesi - ortofosfat tayini- kalay II klorür metodu*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (1990).

TSE, *TS EN 1008 Beton - karma suyu - numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2003).

TSE, *TS EN 12350-2 Beton – taze beton deneyleri-bölüm 2: çökme(slamp) deneyi*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2010).

TSE, *TS EN 12390-2 Beton – sertleşmiş beton deneyleri – bölüm 2: dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2010).

TSE, *TS EN 12390-3 Beton – sertleşmiş beton deneyleri – bölüm 3: deney numunelerinin basınç dayanımının tayini*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2012).

TSE, *TS EN 206 Beton Özellik, performans, imalat ve uygunluk*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (2014).

TSE, *TS ISO 7890-3 Su kalitesi- Nitrat tayini- Bölüm 3: Sülfosalisilik asit kullanılarak uygulanan spektrometrik metot*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, (1999).

Urkiaga, A., Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balasz, B. ve Hernández, F., “Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse”, *Desalination*, 218 (1-3), 81-91, (2008).

Vieira, L. B. P. ve Figueiredo, A. D. F., “Evaluation of concrete recycling system efficiency for ready-mix concrete plants”, *Waste Management*, 56, 337-351, (2016).

Yılmaz, R. G., Ağdağ, O. N. ve Muştu, H. E., “Madensel üretim yapan farklı endüstriyel tesis atıksularının proste kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi”, *UKSAY İnternational Symposium Of Water And Wastewater Management*, Malatya, 767-774, (2016).

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : H. Elvin MUŞTU

Doğum Yeri ve Tarihi : Denizli / 15.02.1978

Lisans Üniversite : Süleyman Demirel Üniversitesi

Elektronik posta : hacereelvin@mynet.com

İletişim Adresi : Selçuk Bey Mah., 755 Sok., Batıkent
Sitesi, A Blok, No: 16 Kat:5
Merkezefendi/Denizli

05332674041

Yayın Listesi :

Konferans listesi :