T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLARIN İNCELENMESİ

ZEYNEP TURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. NİLAY COŞGUN

EKİM 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLARIN İNCELENMESİ

ZEYNEP TURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. NİLAY COŞGUN
2. DANIŞMAN: DR. SELİN ÖZTÜRK DEMİRKIRAN

EKİM 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

INVESTIGATION OF APPROACHES TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF READY-MIXED CONCRETE PRODUCTION PLANTS

ZEYNEP TURAN

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

ADVISOR: PROF. DR. NİLAY COŞGUN
Co-ADVISOR: DR. SELİN ÖZTÜRK DEMİRKIRAN

OCTOBER 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 04/07/2024 tarih ve 2024/34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 25/10/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Zeynep TURAN'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Nilay COŞGUN

ÜYE : Prof. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ

ÜYE : Doç. Dr. Burcu SALGIN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun
……/……./...…. tarih ve …..…/…..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Sevgili Aileme

ÖZET

Beton, günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biridir. İnşaat sektörünün her yıl daha da hareketlenmesi, hazır beton sektörünün büyümesini de teşvik etmiştir. Türkiye, hazır beton üretiminde dünya liderleri arasında yer almaktadır. Ancak, hazır beton üretim tesislerinin çevre üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır ve bu etkilerin azaltılması için gerekli önlemler alınmadığı takdirde çevre ve ekosistemin ciddi zararlar görmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmada, hazır beton üretim sürecinde kullanılan hammadde temininden başlayarak üretim ve taşıma aşamalarındaki çevresel etkiler ele alınmıştır. Çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımlar, Çevre Mevzuatında yer alan yasa ve yönetmelikler, Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) ile Avrupa Hazır Beton Birliği (ERMCO) gibi kuruluşların önerileri doğrultusunda incelenmiştir. Çalışma kapsamında, İstanbul (Anadolu Yakası) ve Kocaeli'nde seçilen hazır beton üretim tesislerinden anket ve gözlem yoluyla veri toplanmıştır. Bu tesislerde uygulanan çevresel etkileri azaltıcı yöntemlerin uygulanma düzeyi her bir yaklaşım için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çevresel etkileri azaltıcı uygulamaların çevre mevzuatında yer alan ilgili yasa ve yönetmelikler, THBB ve ERMCO yayınları ile açıkça belirlendiği, fakat mevcut durumda bu yaklaşımlardan yalnızca tesis içi zemin kaplamasının asfalt ve/veya beton gibi tozuma riskini azaltan malzemelerden yapılması ve üzeri kapalı taşıyıcı bant kullanımı yaklaşımlarının tüm tesislerde düzenli olarak uygulandığı tespit edilmiştir. Buna karşın, tesis çevresinin bir bölümünün veya tamamının bitki duvarı ile çevrilmesi, transmikserlerde ekolojik kapak kullanımı ve tesislerde beton geri dönüşüm sisteminin kurulması yaklaşımlarının ise çoğunlukla tesisler tarafından uygulanmadığı belirlenmiştir. Çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımların etkinliğini artırmak için tesis yetkilileri ve personelinin çevresel etkiler konusunda bilinçlendirilmesi amacıyla çevre eğitimlerinin sıklaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, ilgili kuruluşlar tarafından yapılan denetimlerin sıklaştırılmasıyla bu yaklaşımların daha yaygın uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hazır Beton Tesisleri, Çevresel Etki, Hazır Beton Üretimi, Türkiye Hazır Beton Birliği, Avrupa Hazır Beton Birliği

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used construction materials today. The growing activity in the construction sector each year has also stimulated the growth of the ready-mixed concrete sector. Turkey ranks among the world leaders in ready-mixed concrete production. However, ready-mixed concrete production plants have significant environmental impacts, and if necessary measures are not taken to mitigate these impacts, serious damage to the environment and ecosystem is inevitable. In this study, the environmental impacts of the ready-mixed concrete production process were addressed, starting from the supply of raw materials to the production and transportation stages. Approaches to reducing environmental impacts were examined in line with the laws and regulations in the Environmental Legislation, as well as the recommendations of organizations such as the Turkish Ready-Mixed Concrete Association (THBB) and the European Ready-Mixed Concrete Association (ERMCO). As part of the study, data was collected through surveys and observations from selected ready-mixed concrete production plants in Istanbul (Asian side) and Kocaeli. The level of implementation of methods aimed at reducing environmental impacts was evaluated for each approach. It was found that the relevant laws and regulations in the environmental legislation, as well as THBB and ERMCO publications, clearly define the approaches to reduce environmental impacts. However, currently, only the use of dust-reducing materials such as asphalt and/or concrete for internal ground covering and the use of covered conveyor belts are regularly implemented in all plants. On the other hand, approaches such as surrounding part or all of the plant with a green wall, using ecological lids on transit mixers, and establishing concrete recycling systems in plants were found to be mostly not implemented by the facilities. To increase the effectiveness of approaches to reduce environmental impacts, it is recommended to increase the frequency of environmental training to raise awareness among plant officials and personnel about environmental impacts. Furthermore, it is considered that increasing the frequency of inspections by relevant organizations could promote the wider implementation of these approaches.

Key Words: Ready-Mixed Concrete Plants, Environmental Impact, Ready-Mixed Concrete Production, Turkish Ready Mixed Concrete Association, European Ready Mixed Concrete Organisation

TEŞEKKÜR

Başta, bu tez çalışmasının hazırlanmasında değerli katkıları ve yol göstericiliğiyle bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübesiyle çalışmama yön veren ve bu çalışmanın oluşmasını sağlayan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Nilay Coşgun'a,
Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ikinci tez danışmanım Dr. Selin Öztürk Demirkıran'a,
Çalışma kapsamı dahilinde inceleme yapmama müsaade eden ve gerekli bilgileri bana veren hazır beton üretim tesisi yetkililerine,
Bu süreçte her zaman yanımda olan, her türlü desteği sağlayan ve bana her zaman inanan çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı	1
1.2. Literatür Özeti	2
1.3. Tezin Amacı	3
1.4. Kapsam ve Sınırlılıklar	3
1.5. Yöntem	4
2. HAZIR BETON	5
2.1. Türkiye'de ve Dünyada Hazır Beton	5
2.2. Hazır Betonun Üretim Süreci	9
2.2.1 Hammadde ve Temini	10
2.2.1.1. Çimento	11
2.2.1.2. Agrega	13
2.2.1.3. Su	15
2.2.1.4. Katkı Maddesi	16
2.2.2. Hazır Betonun Karıştırılması	16
2.2.3. Hazır Betonun Yapım Alanına Taşınması	19
2.2.4. Hazır Betonun Yerleştirilmesi	21
2.2.5 Transmikserlerin Tesise Dönmesi ve Temizlenmesi	22
3. HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE MEVZUAT BAĞLAMINDA ÖNLEMLER	23
3.1. Doğal Kaynak Kullanımı ve Yönetimi	24
3.2. Enerji Tüketimi ve Yönetimi	28
3.3. Kirlilikler ve Yönetimi	31
3.3.1. Hava Kirliliği	31
3.3.2. Gürültü Kirliliği	38
3.3.3. Toprak ve Su Kirliliği	44
4. ALAN ÇALIŞMASI: HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLARIN ANALİZİ	53
4.1. Tesislere İlişkin Genel Bilgilerin Analizi	54
4.2. Doğal Kaynak Kullanımı Analizi	57
4.3. Enerji Tüketimi Analizi	58
4.4. Kirliliklerle İlgili Analizler	59
4.4.1. Hava Kirliliği Analizi	59

4.4.2. Gürültü Kirliliği Analizi 64
4.4.3. Toprak ve Su Kirliliği Analizi 67
5. SONUÇ 70

KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 79
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR 80
EKLER 81

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

kg	:	Kilogram
ha	:	Hektar
km	:	Kilometre
cm	:	Santimetre
m	:	Metre
m^2	:	Metrekare
m^3	:	Metreküp
dB	:	Desibel
Pw	:	PikoWatt (Ses gücü seviyesi için)
P	:	Net kurulu güç (kW)
P_{el}	:	Elektrik gücü (kW)
kWh	:	Kilowatt saat
kW	:	Kilowatt
dB	:	Desibel
l	:	Kesme genişliği (cm)
AKM	:	Askıda Katı Madde
ÇED	:	Çevresel Etki Değerlendirmesi
D	:	Duvar
ERMCO	:	European Ready Mixed Concrete Association
GTÜ	:	Gebze Teknik Üniversitesi
ISO	:	Uluslararası Standartla Organizasyonu (International Standart of Organization)
İMSAD	:	Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
K	:	Kısmen
S	:	Trapez Sac
SD	:	Silis Dumanı
SKHKKY	:	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
T	:	Tel Çit
THBB	:	Türkiye Hazır Beton Birliği
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
UK	:	Uçucu Kül
YFC	:	Yüksek Fırın Cürufu

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1:	Yıllara göre hazır beton üretim grafiği	7
Şekil 2.2:	Bölgeler göre toplam hazır beton üretiminden aldıkları pay	8
Şekil 2.3:	Hazır betonun yaşam döngüsü	9
Şekil 2.4:	Hazır betonun üretim süreci	10
Şekil 2.5:	Hazır beton içeriği	11
Şekil 2.6:	Çimento üretimi akış şeması	12
Şekil 2.7:	Agrega	14
Şekil 2.8:	Hazır beton üretimi iş akış şeması	17
Şekil 2.9:	Hazır beton üretim tesisi örneği	19
Şekil 2.10:	Sabit beton santrali örneği	20
Şekil 2.11:	Mobil beton santrali örneği	20
Şekil 2.12:	Beton dökümü örneği	21
Şekil 2.13:	Transmikser yıkama alanı örneği	22
Şekil 3.1:	Taş ocağı örneği	25
Şekil 3.2:	Agrega üretim tesisi örneği	25
Şekil 3.3:	Çimento üretim tesisi örneği	28
Şekil 3.4:	Hazır beton üretim tesislerinde enerji kullanım dağılımı	29
Şekil 3.5:	a) uçucu kül, b) silis dumanı, c) pirinç kabuğu külü d) yüksek fırın cürufu,	30
Şekil 3.6:	Çimento silosundan kaynaklı hava kirliliği	31
Şekil 3.7:	Toz emisyonu örneği	32
Şekil 3.8:	Rüzgâr engelleyici bitki duvarı	35
Şekil 3.9:	Tesis içi yolların sulanması örneği	35
Şekil 3.10:	Kapalı depolama alanında pülverize su sistemi kullanımı	36
Şekil 3.11:	Üzeri kapalı taşıma bantı	37
Şekil 3.12:	Toz ölçüm cihazı	38
Şekil 3.13:	Gürültüye karşı koruyucu personel ekipmanları	43
Şekil 3.14:	Numune alma ve test işlemlerinden kaynaklı beton kalıntıları	45
Şekil 3.15:	Çöktürme havuzu dibinde biriken beton sedimenti (dip çamuru)	45
Şekil 3.16:	Sertleşmiş beton atığı	45
Şekil 3.17:	Kapasitesi yetersiz kalmış çöktürme havuzu örneği	47
Şekil 3.18:	Geri dönüştürülmüş beton agregası	49
Şekil 3.19:	Ekolojik kapak	50
Şekil 3.20:	Tesis içi kanallama	50
Şekil 3.21:	Çöktürme havuzu örneği	51
Şekil 3.22:	Hazır beton yıkama suları için tipik birçok gözlü seri bağlı çöktürme havuz sistemi	51
Şekil 4.1:	Tesis dağılım haritası	53
Şekil 4.2:	Tesislerin THBB üyelik oranı	55
Şekil 4.3:	Tesislerde çevre mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti alma ve personellere düzenli aralıklarla çevre eğitimleri verilme oranları.	56
Şekil 4.4:	Tesislerde TSE ve ISO Belgesi bulunma durumu.	56
Şekil 4.5:	Tesislerde kullanılan alternatif puzolanların dağılımı.	58

Şekil 4.6:	Tesislerin bitki duvarı kullanım oranı.	60
Şekil 4.7:	Tesislerde çevreleme yöntemleri	60
Şekil 4.8:	Tesislerde hâkim rüzgâr yönüne göre yerleşim planlaması	61
Şekil 4.9:	Tesis içi sulama ve emisyon analizini	62
Şekil 4.10:	Tesislerdeki depolama durumu	63
Şekil 4.11:	Çimento silolarında bulunan filtrelerin değişim periyodu	64
Şekil 4.12:	Tesislerde gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımların uygulanma oranları.	67
Şekil 4.13:	Transmikserlerde ekolojik kapak kullanımı	68
Şekil 4.14:	Tesislerde geri dönüşüm sistemi kullanılma oranları	69
Şekil 4.15:	Tesislerde yağmur suyu ve atık su analizi	69

TABLOLAR DİZİNİ

		Sayfa
Tablo 2.1:	Türkiye'deki hazır beton üretimi	6
Tablo 2.2:	2022 yılı ülkelere göre hazır beton istatistikleri	8
Tablo 2.3:	Agrega çeşitleri	15
Tablo 3.1:	Türkiye yıllık agrega üretimi	26
Tablo 3.2:	Toz emisyonu kütlesel debi hesaplamalarında kullanılan SKHKKY emisyon faktörleri	33
Tablo 3.3:	Makine – ekipman güçlerine bağlı gürültü seviyeleri	40
Tablo 4.1:	Konum değerlendirme tablosu	66
Tablo B1.1:	Tesis değerlendirme tablosu	86

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte yapı ihtiyacı da sürekli olarak artmaktadır. Bu durum, inşaat endüstrisinde büyük bir talebi de beraberinde getirmektedir. İnşaat endüstrisinde artan talep, değişen ihtiyaçlar ve teknolojik gelişmeler sebebiyle yapı malzemeleri çeşitlenmiştir. Endüstri Devrimi ile birlikte yeni malzemelerin üretimi ve kullanımı artmıştır **[Çakmak, 2021]**. Çeşitlenen bu malzemelerin üretimleri için yeni tesisler kurulmaya başlanmış ve yapı malzemesi üretim tesislerinin sayısı artmıştır. Kurulan hemen her yapı malzemesi üretim tesisinin olumsuz çevresel etkileri olmuştur. Bu olumsuz çevresel etkileri önlemek ve azaltmak için, yapı malzemesi üretim tesislerinin kurulacağı alanların, çevresel etkiler dikkate alınarak seçilmesi gerekmektedir.

Beton, dayanıklılık, düşük maliyet, yangına karşı direnç, ısı ve ses yalıtımı, su geçirmezlik hem bir taşıyıcı eleman hem de dekoratif malzeme olarak kullanılabilmesi, kolay bakım, kolay uygulanabilirlik ve kolay ulaşılabilirlik özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan yapı malzemesidir. Yapı üretiminin artması ve malzeme üretimindeki teknolojik gelişmeler, çoğu ülkede başlıca yapı malzemesi olan beton üretiminde hazır beton sektörünü doğurmuştur. Özellikle Türkiye açısından bakıldığında, afetler ve riskleri, nüfus artışı, kentsel alanlara göç gibi nedenlerle çok sayıda bina inşa edilmektedir. Türkiye'de afetlerin sıkça yaşanması ve bu afetlerin binalara zarar vermesi, yeni yapıların inşasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle deprem riski, dayanıklı ve güvenli yapı malzemesi talebini artırmaktadır. Ayrıca, nüfus artışı ve kırsaldan kentsel alanlara göç, kentsel yapılaşmayı hızlandırmakta ve bu da hazır beton kullanımını dolayısı ile hazır beton üretim tesislerinin sayısını artırmaktadır. Tesislerin sayısındaki bu artış ise çevresel etkilerin dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır.

1.1. Problem Tanımı

Hazır beton üretimi, içeriğinde agrega, çimento gibi bileşenlerin kullanımı nedeniyle bir takım çevresel etkilere sahiptir. Üretim miktarının artmasıyla birlikte beton üretim

tesislerinin sayısı da çoğalmış ve bu durum söz konusu çevresel etkilerin kontrol altına alınması ihtiyacını doğurmuştur.

İnşaat sektöründeki hareketlilik ile hazır beton sektöründeki büyüme her geçen yıl artmaya devam etmektedir. Buna karşın hazır beton üretim tesislerinin doğal kaynak kullanımı, enerji tüketimi ve kirlilikler açısından doğal çevreye ciddi etkilerinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca, betonun çevresel etkileri sadece üretim aşamasında değil, yapıların yıkılması ve beton atıklarının bertarafı sürecinde de görülmektedir. Bu bağlamda çevresel etkileri azaltmaya yönelik gerekli önlemlerin alınmaması durumunda çevre ve ekosistemin zarar görmesi kaçınılmazdır. Maruz kalınan çevresel etkilerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması, daha sürdürülebilir bir çevre için önemlidir.

1.2. Literatür Özeti

Literatürde hazır beton ile ilgili birçok çalışma bulunmakla birlikte, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkileri ve bu etkileri azaltıcı uygulamalar üzerine yapılan çalışmalar daha sınırlı sayıdadır. İlk olarak, **Coşgun ve Esin (2004)** hazır beton üretiminin doğal kaynak kullanımı, enerji tüketimi ve çevresel kirlilik üzerindeki olumsuz etkileri incelemişlerdir. Daha sonra, **Coşgun ve Esin'in 2006** yılında gerçekleştirdiği bir diğer çalışma, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerinin azaltılması için uygulanan çevresel yönetim sistemlerini ele almıştır. Bu alandaki diğer önemli araştırmalar arasında **Coşgun ve diğerlerinin (2015)** ve **Coşgun ile Karadayı'nın (2021)** çalışmaları yer almaktadır. **Çiftçi ve Beyhan (2021)** tarafından gerçekleştirilen araştırma ise, hazır beton üretim faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel risklerin analiz edilmesini ve olası olumsuzlukların en aza indirilmesini amaçlamıştır. Bunun yanı sıra, **Tekin'in (2021)** çalışması, hazır beton firmalarının üretim stratejilerinin çevre bilinci ve sürdürülebilir kalkınma bakış açısıyla değerlendirildiği çalışmalara örnektir.

Bu alanda ulusal düzeydeki diğer önemli çalışmalar arasında **Nallı (2006), Andaç (2016), Atıcı (2016), Güner (2018), Çiftçi (2019) Muştu (2019)** ve **Yeşilyurt (2023)** tarafından yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini ve bu etkilerin azaltılması için geliştirilen yöntemleri detaylı bir şekilde ele almaktadır.

Uluslararası alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, hazır beton üretim süreçlerine yönelik çeşitli çevresel iyileştirme yöntemlerinin ele alındığı görülmektedir. **Kermeli ve diğerleri (2013),** hazır beton üretim süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamaya yönelik yöntemleri detaylandırmıştır. Benzer şekilde, **Silva ve diğerleri (2019)** tarafından yapılan çalışma, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerinin değişkenliğini ve bu etkilerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemleri incelemiştir. **Vieira ve diğerleri (2019)** ise, hazır beton üretimi sırasında ortaya çıkan atık miktarını ve bu atıkların yönetimini araştırmıştır. Ek olarak **Ghrair ve diğerlerinin (2021)** çalışması, hazır beton üretim tesislerinde atık yıkama suyunun geri dönüşüm potansiyelini değerlendirmektedir. Literatürde, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini ve bu etkileri azaltmaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, bu etkileri bütünsel olarak ele alan kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir.

1.3. Tezin Amacı

Yapılan bu çalışma ile hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkileri ve bu etkileri azaltan yaklaşımlar incelenerek, hazır betonun üretimi ve bertarafı sürecindeki çevresel etkileri ortaya koymak, maruz kalınan etkilerin ne derece azaltılabildiği ve bu konuda yapılan çalışmaların ne derece yeterli olduğunu değerlendirmek amaçlanmıştır. Böylece inşaat endüstrisinde daha sürdürülebilir bir geleceğin şekillenmesi konusundaki bilinçlenmeye katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

1.4. Kapsam ve Sınırlılıklar

Bu çalışma kapsamında; hazır beton, hazır beton üretiminin çevresel etkileri ve bu çevresel etkileri azaltmaya yönelik alınması gereken önlemler hakkında literatür araştırması yapılmıştır. Hazır beton üretim tesislerinde mevcut durumda uygulanan çevresel etkileri azaltıcı uygulamaları tespit etmek amacıyla, İstanbul ve Kocaeli'nde yer alan 41 hazır beton üretim tesisi yerinde incelenmiştir. Saha çalışması için konumlarına göre seçilen bu tesisler ve çalışmaya katılmayı kabul eden tesislerden rastgele belirlenmiştir. Çalışmanın kapsamı, İstanbul (Anadolu Yakası) ve Kocaeli'nde bulunan sabit tesislerle sınırlanmıştır.

1.5. Yöntem

Bu çalışma kapsamında, hazır beton üretim tesislerinde çevresel etkileri azaltmaya yönelik yaklaşımların mevcut uygulanma düzeyini değerlendirmek amacıyla iki aşamalı bir yöntem benimsenmiştir. İlk olarak, hazır beton tesislerine yönelik kapsamlı bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket soruları, başta çevre mevzuatında yer alan ilgili yasa ve yönetmelikler olmak üzere, Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) ve Avrupa Hazır Beton Birliği (ERMCO) yayınlarında belirtilen çevresel önlemler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Anket, tesislerin çevresel etkileri azaltıcı çeşitli uygulamaları hangi düzeyde benimsediğini ve uyguladığını tespit etmeyi hedeflemiştir. Anket çalışmasına ek olarak, seçilen tesislere saha ziyaretleri gerçekleştirilerek yerinde gözlem yapılmıştır. Bu gözlemler, çevresel etkileri azaltıcı uygulamaların sahadaki durumunu daha iyi anlamak için gerçekleştirilmiştir.

Yapılan anket ve saha çalışmaları sonucunda, her bir çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımın uygulanma düzeyi ayrı ayrı incelenmiş ve bulgular görsel olarak grafikler halinde sunulmuştur. Bu grafikler, uygulamaların tesisler arasında ne kadar yaygın olduğunu ve hangi alanlarda iyileştirme gereksinimi bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

2. HAZIR BETON

Hazır beton, inşaat sektöründe en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Çimento, agrega, su ve gerektiğinde bazı kimyasal ve mineral katkı maddelerinin belirli bir üretim teknolojisine uygun olarak beton üretim tesislerinde karıştırılmasıyla elde edilen ve transmikser ile inşaat sahasına taşınan beton hazır beton olarak tanımlanmaktadır. Hazır beton, gelişmiş ekipmanlar kullanılarak üretildiği için inşaat sahasında karıştırılan betona kıyasla daha yüksek kalitede ve daha hızlı bir şekilde elde edilmektedir **[Reçber, 2023].** Bu durum, iş gücünün azaltılması ve verimliliğin artırılması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yayınladığı, 20.04.2004 tarihli ve 248 sayılı 'Beton Dökümü ve Bakımında Uyulması Gereken Hususlar' genelgesi ve 06.03.2007 tarih ve 26454 sayılı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin ilgili maddeleriyle yapılarda hazır beton kullanımı zorunlu hale getirilmiştir **[Web 1, 2024].** Yapılan bu düzenlemeler sonucunda, konvansiyonel üretim yok denecek kadar azalmış ve inşaat projelerinde büyük ölçüde hazır beton kullanımına geçilmiştir.

2.1. Türkiye'de ve Dünyada Hazır Beton

Hazır beton, inşaat teknolojilerinin gelişiminde önemli bir yer tutmaktadır. İlk olarak 1813'te Fransa'da Louis Vicat tarafından yapay çimentonun üretilmesiyle başlayan bu süreç, 1824'te İngiliz Joseph Aspdin'in Portland çimentosunu patentlemesiyle devam etmiştir **[Hazır Beton Dergisi, 2019; Karakule vd., 2003; Radıc vd., 2008]**. 19. yüzyılın ortalarında Joseph Monier'in betonarme yapıları icat etmesiyle betonun dayanıklılığı artmış ve geniş bir kullanım alanı bulmuştur. İlk beton yollar İskoçya'da inşa edilirken, 1816 yılında Fransa'da ilk donatısız beton köprü (Souillac köprüsü) yapılmıştır. 1875 yılında ise Fransa'da ilk betonarme köprü olan Chazelet Köprüsü, inşa edilmiştir **[Hazır Beton Dergisi, 2019; Radıc vd., 2008].** Türkiye'de ise hazır beton üretimi 1976'da başlanmış ve 1988'de THBB'nin kurulmasıyla sektörde standartların ve kalitenin artırılmasına yönelik önemli adımlar atılmıştır.

Türkiye'deki hazır beton sektörü diğer ülkeler ile kıyaslandığında oldukça yeni olmasına karşın; istatistiklere göre Türkiye, 2009 yılından bu yana hazır beton üretiminde Avrupa'da birinci sırada yer almaktadır **[THBB, 2024].** Türkiye'deki hazır

beton üretimine ilişkin veriler **Tablo 2.1**'de, 1988 yılından bu yana hazır beton üretimine dair grafik ise **Şekil 2.1**'de sunulmuştur. 1988 yılında kurulan ve 1991 yılında ERMCO üyesi olan THBB tarafından, 1988 yılında Türkiye'de 30 tesis ile toplam 1,5 milyon m³ hazır beton üretimi yapıldığı rapor edilmiştir. 2023 yılına gelindiğinde tesis sayısı yaklaşık 38 kat artarken hazır beton üretimi 77 kat artmıştır **[THBB, 2024].** THBB verilerine göre 2022 yılında Avrupa'da (ERMCO üyeleri) üretilen betonun yaklaşık %26'sı Türkiye'de üretilmiştir **[THBB, 2022].**

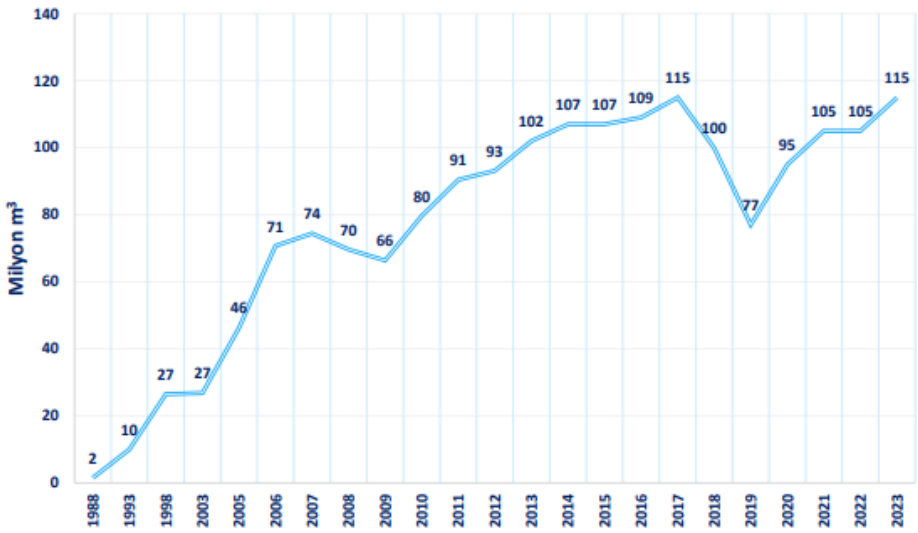
Tablo 2.1. Türkiye'deki hazır beton üretimi **[THBB, 2023; THBB, 2024].**

Yıllar	Hazır Beton Üretimi (milyon m³)	Tesis Sayısı
1988	1,5	30
1993	10	110
1998	26,5	341
2003	26,8	429
2005	46,3	568
2006	70,7	718
2007	74,4	845
2008	69,6	825
2009	66,4	845
2010	79,7	900
2011	90,5	945
2012	93,1	980
2013	102	1040
2014	107	1040
2015	107	1098
2016	109	1120
2017	115	1184
2018	100	1100
2019	77	900
2020	95	1032
2021	105	1106
2022	105	1114
2023	115	1150

İstatistiksel veriler, hazır beton üretiminde 2018 ve 2019 yıllarında belirgin bir düşüş yaşandığını ortaya koymaktadır **(Şekil 2.1)**. Türkiye genelinde, en yüksek hazır beton üretimi 2017 ve 2023 yıllarında gerçekleşmiştir. Söz konusu artışın, inşaat sektöründeki büyüme ve talep artışıyla ilgili olduğu görülmektedir. İnşaat sektöründe yaşanan canlanma, altyapı ve konut projelerinin artmasıyla birlikte hazır beton talebini

de artırmıştır. Bu dönem, aynı zamanda ekonomik büyümenin ve kentsel dönüşüm projelerinin hız kazandığı bir dönemdir, bu da hazır beton üretimindeki artışın temel nedenlerinden biridir **[Karakule vd., 2003].** Ayrıca, 2017 yılında tesis sayısının 1184'e ulaştığı görülmektedir. 2023 yılında ise tesis sayısı 1150'dir. 2017 yılına nazaran daha az tesis olmasına rağmen üretimin aynı seviyede gerçekleşmesi, üretim tesislerinin kapasitesinin arttığını göstermektedir. Bu durum, mevcut tesislerin verimliliğinin ve üretim kapasitelerinin arttığını ortaya koymaktadır. THBB'nin 2022 yılına ait güncel istatistik verileri incelendiğinde Türkiye hazır beton üretiminde 1. sırada yer alırken, kişi başı hazır beton üretimi ile 4. Sırada yer aldığı görülmektedir **(Tablo 2.2).**

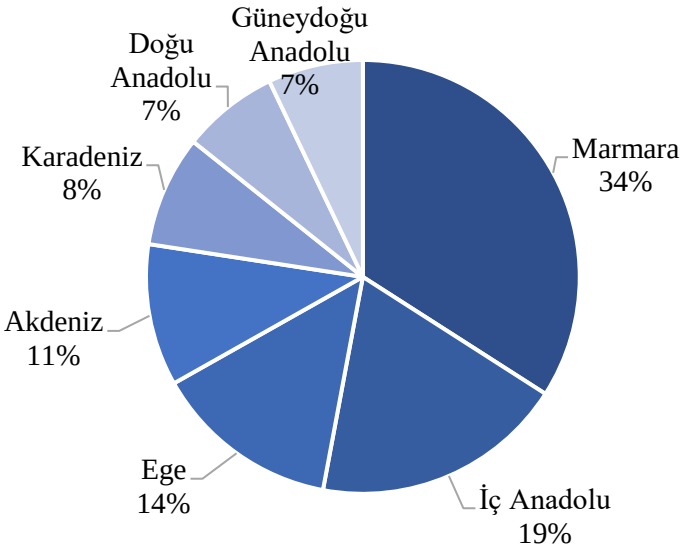
Türkiye'de hazır beton üretimi, farklı bölgeler arasında önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Üretim miktarı bakımından incelendiğinde, Marmara bölgesi en yüksek üretim rakamlarını sunmaktadır. Bu durumun temel nedenlerinden biri, Marmara bölgesinin yoğun şehirleşme ve nüfus yoğunluğuna sahip olmasıdır. Diğer yandan, en düşük beton üretimi ise Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde kaydedilmiştir. Şehir bazında tesislerin dağılımı incelendiğinde, en fazla beton üretim tesisine sahip olan şehir İstanbul'dur. İstanbul, beton üretim tesisi sayısında %15'lik bir oranla öne çıkmaktadır. Onu, sırasıyla %7 oranıyla Kocaeli, %5 oranıyla Ankara ve Bursa takip etmektedir **[Web 2, 2024].** Bu veriler, Türkiye'nin farklı bölgeleri arasındaki hazır beton üretimi ve tesis dağılımındaki farklılıkları göstermektedir **(Şekil 2.2.).**



Şekil 2.1. Yıllara göre hazır beton üretim grafiği **[THBB, 2024].**

Tablo 2.2. 2022 yılı ülkelere göre hazır beton istatistikleri **[THBB, 2023].**

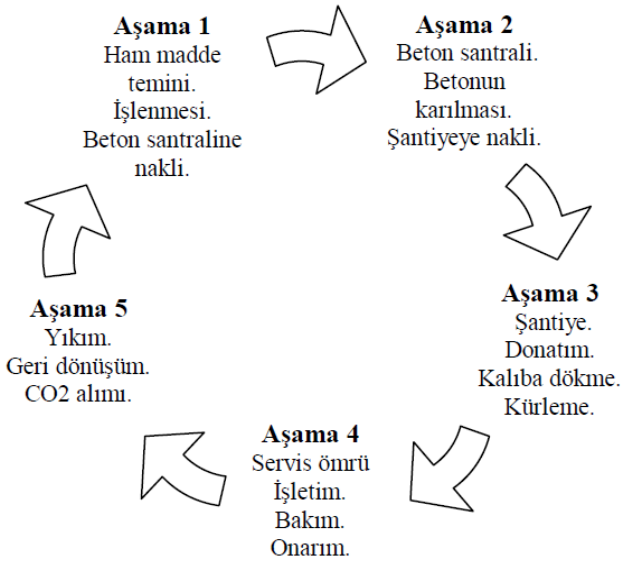
Ülkeler	**Üretim (milyon m³)**	**Tesis Sayısı**	**Tesis Başı Üretim (bin m³)**	**Kişi Başı Üretim (m³)**
Almanya	52,9	1900	27,8	0,6
Avusturya	11,9	255	46,7	1,3
Belçika	13,9	237	58,6	1,2
Çek Cumhuriyeti	7,4	461	16,1	0,7
Danimarka	2,9	97	30,1	0,5
Finlandiya	3,1	191	16,4	0,6
Fransa	39,2	1859	21,1	0,6
Hollanda	7,5	180	41,7	0,4
İngiltere	21,0	1049	20,0	0,3
İrlanda	4,7	220	21,4	0,9
İspanya	24,9	1666	14,9	0,5
İsveç	4,5	-	-	0,4
İtalya	33,1	1800	18,4	0,6
Polonya	26,2	1099	23,9	0,7
Portekiz	6,6	227	29,1	0,6
Slovakya	2,9	270	10,7	0,5
Toplam/Ortalama (ERMCO ve AB üyesi ülkeler)	**262,8**	**11511**	**26,5**	**0,6**
İsrail	21,8	228	95,6	2,4
İsviçre	11,4	-	-	1,3
Norveç	3,6	208	17,3	0,7
Türkiye	**105,0**	**1114**	**94,3**	**1,23**
Toplam/Ortalama (ERMCO üyeleri)	**404,6**	**13061**	**31,0**	**0,7**



Şekil 2.2. Bölgeler göre toplam hazır beton üretiminden aldıkları pay **[THBB, 2024].**

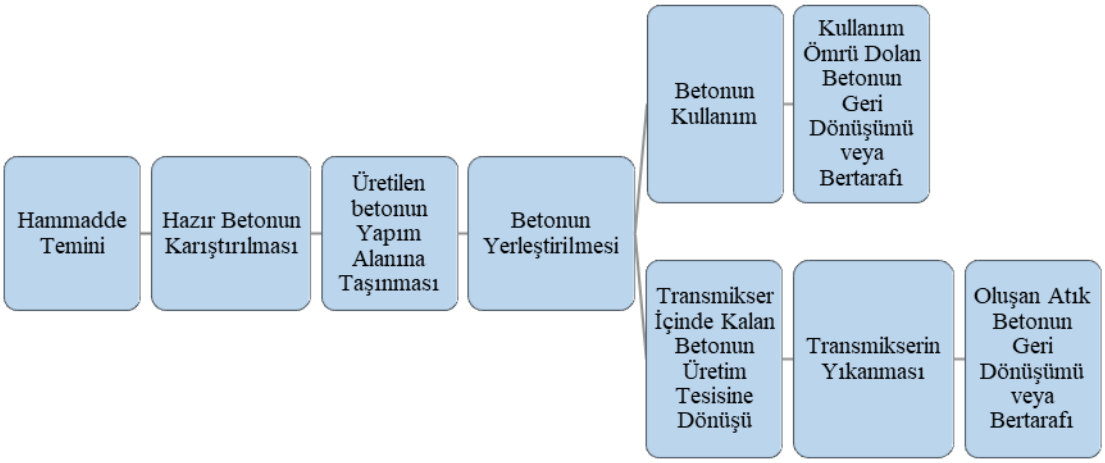
2.2. Hazır Betonun Üretim Süreci

Hazır beton üretimi, inşaat projelerinde önemli bir rol oynar ve çeşitli aşamalardan oluşur. Bu sürecin her aşaması, çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve azaltılması açısından büyük öneme sahiptir. Hazır beton, yaşam döngüsü **(Şekil 2.3)** boyunca farklı aşamalarda çevresel etkilere sahiptir. Bu değerlendirme, hammaddelerin temin edilmesinden, üretim, taşınma, yerleştirme ve atık yönetimine kadar tüm aşamaları kapsar.



Şekil 2.3. Hazır betonun yaşam döngüsü **[Orhan ve Altın, 2012].**

Hazır beton üretimi, ilk olarak hammaddelerin doğal kaynaklardan temin edilmesi ile başlar. Bu hammaddeler, üretim tesislerinde uygun koşullarda depolanır ve karıştırma işlemi için hazırlanır. Betonun karıştırılması, betonun homojenliğini ve kalitesini sağlamak amacıyla ileri teknolojiye sahip ekipmanlar kullanılarak gerçekleştirilir. Karıştırılan beton, transmikserlere yüklenir ve inşaat sahasına taşınır. Şantiyeye ulaştırılan beton, kalıplara dökülerek yerleştirilir. Yerleştirilen beton, yapı elemanı olarak işlev görmeye başlar ve kullanım ömrü sona erdiğinde, yıkılarak bertaraf edilir veya geri dönüştürülerek üretim sürecine yeniden dahil edilebilir. Transmikserden betonun boşaltılması sırasında, transmikser içindeki betonun tamamı boşaltılamaz. Bu durumda, transmikser içerisinde kalan beton, üretim tesisine geri döner ve mikserlerin iç yüzeylerinde biriken beton kalıntıları temizlenir. Transmikser temizliğinden kaynaklı oluşan atık beton, çoğunlukla geri dönüştürülerek üretime katılır. Hazır betonun üretim süreci **Şekil 2.4**'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Hazır betonun üretim süreci.

Çalışmanın bu bölümde, hazır beton üretim süreci, çevresel etkileri ele alınarak, beş ana başlık altında detaylandırılmıştır:

- Hammadde ve Temini
- Hazır betonun karıştırılması
- Yapım alanına taşınması ve
- Betonun yerleştirilmesi
- Transmikserlerin tesise dönmesi ve temizlenmesi

2.2.1. Hammadde ve Temini

Hazır beton, çimento, agrega (kum ve çakıl), su ve katkı maddelerinden oluşmakta olup, katkı maddeleri hariç tüm bileşenlerin doğal kaynaklardan temin edilmesi, üretim tesislerinin çevresel etkilerinde doğal kaynak kullanımının yoğunluğunu göstermektedir.

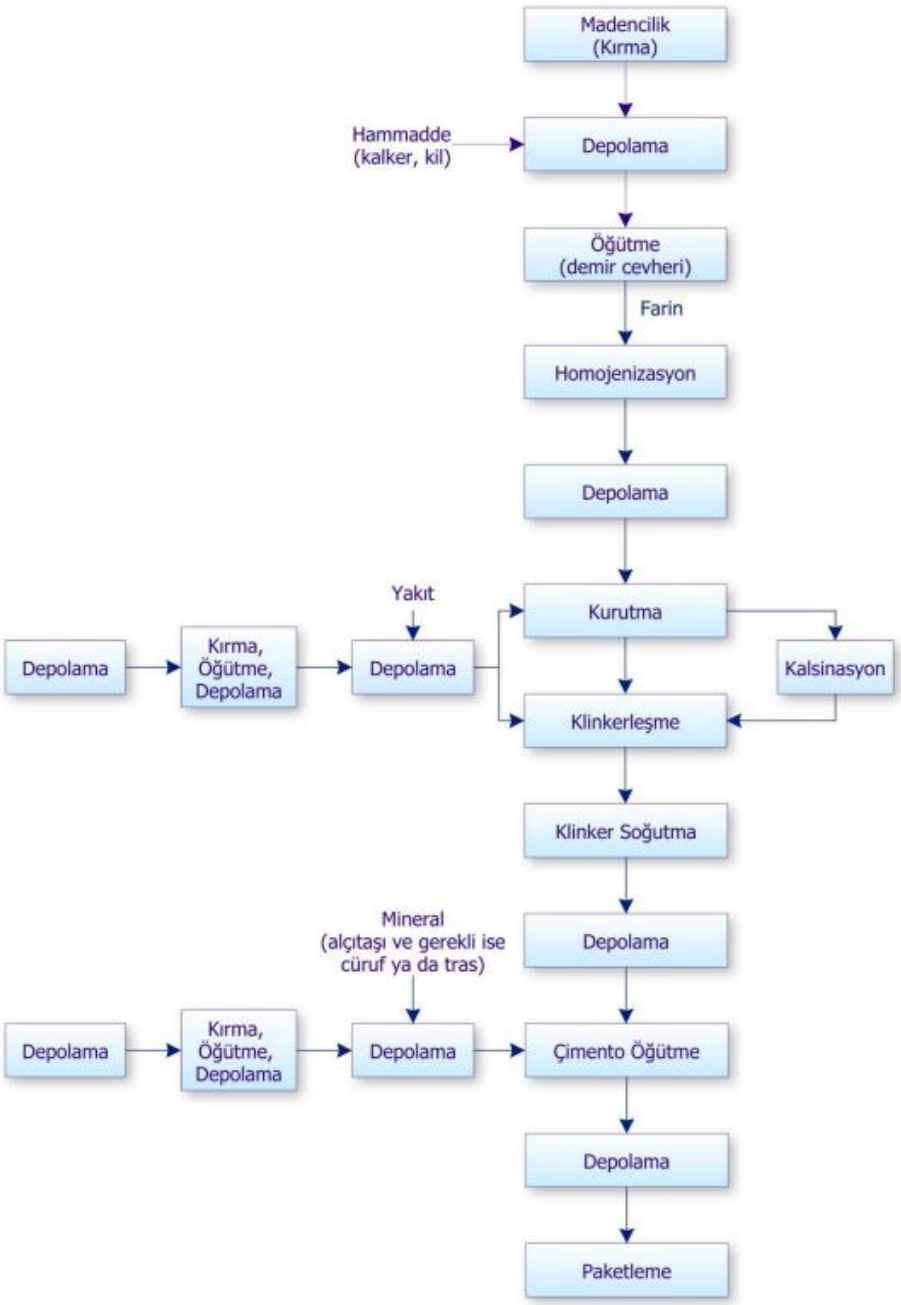
Beton, hacimsel olarak yaklaşık %75 oranında agrega, %10 oranında çimento ve %15 oranında sudan meydana gelir. İhtiyaç duyulduğunda, çimento miktarının %2'sini aşmayacak şekilde katkı maddeleri eklenebilir. Betonun temel bileşenlerinin yaklaşık oranları **Şekil 2.5**'te gösterilmektedir **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].**

Şekil 2.5. Hazır beton içeriği **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].**

Çimento üretimindeki yüksek enerji tüketimi ve karbon salınımları, agregaların madencilik faaliyetleriyle elde edilmesi sırasında yaşanan ekolojik tahribat ve su tüketimi, betonun çevresel ayak izini belirleyen temel unsurlardır. Bu nedenle, hazır beton üretiminin çevresel etkilerini kavramak ve daha sürdürülebilir hazır beton üretimi sağlamak için üretimde kullanılan bileşenlerin temini ve üretim süreçlerinin anlaşılması kritik öneme sahiptir.

2.2.1.1. Çimento

Çimento, betonun bağlayıcı maddesi olarak en kritik bileşenidir. Hazır beton üretiminde genellikle 'portland çimentosu' tercih edilmektedir. Çimento üretiminde kullanılan hammaddeler arasında kireç taşı, kil ve diğer mineral katkı maddeleri bulunmaktadır. Bu hammaddeler, çimento fabrikalarında belirli oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıklarda fırınlanır ve sonrasında öğütülerek çimento elde edilir. Çimento hammaddelerinden biri olan klinker, çimentonun ana bileşeni olup, yüksek sıcaklıklarda kireç taşı ve kilin pişirilmesiyle elde edilir. Çimento üretimine ait iş akış şeması **şekil 2.6**'da verilmiştir. Çimento üretiminin karbon ayak izi, özellikle klinker üretim aşamasında oldukça yüksektir. Puzolanik özelliği olan uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, pirinç kabuğu külü gibi doğal veya yapay mineral katkılar kullanarak katkılı çimento üretildiğinde klinker tüketimi azaltılarak karbon ayak izi düşürülebilmektedir **[Orhan ve Altın,2012; Gürsel ve Meral, 2012].**



Şekil 2.6. Çimento üretimi akış şeması **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].**

Çimento üretim süreci, kalker ve kil gibi hammaddelerin madencilik faaliyetleriyle çıkarılması ve kırılmasıyla başlar, ardından bu malzemeler depolanır. Öğütme ve homojenizasyon aşamasında farin açığa çıkar. Kurutma ve kalsinasyon işlemleri sırasında farin kurutulur ve karbon dioksit ayrıştırılarak kalsinasyon yapılır. Klinkerleşme aşamasında, kalsine edilen hammadde yüksek sıcaklıkta pişirilerek klinker haline getirilir ve ardından soğutulur. Klinkere alçıtaşı ve gerektiğinde diğer

mineraller eklenerek tekrar öğütülür ve çimento elde edilir. Son olarak, üretilen çimento depolanır ve paketlenerek kullanıma hazır hale getirilir **(Şekil 2.7).**

Hazır beton sektörü, çimentonun en büyük tüketicisi konumundadır ve sektördeki dikey entegrasyon her yıl artış göstermektedir. 2014 yılında, iç pazarda tüketilen çimentonun %53'ü hazır beton üretiminde kullanılmıştır **[T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016].** Bu nedenle, birçok büyük çimento üretim tesisi, kendi hazır beton üretim tesislerine sahiptir ve bu tesisler entegre bir şekilde çalışmaktadır. Bu entegrasyon, hem enerji verimliliği artırmakta hem de lojistik maliyetleri düşürmektedir. Bununla birlikte çimento üretimi için gerekli olan kireçtaşı, kil ve diğer hammaddeler doğal kaynaklardan ve madenlerden temin edilmektedir. Temin edilen hammaddeler büyük hacimlerde olduğundan, tesislerin bu hammaddelere yakın yerlerde kurulması maliyeti ve lojistik sorunları azaltan diğer bir etkendir **[T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016].**

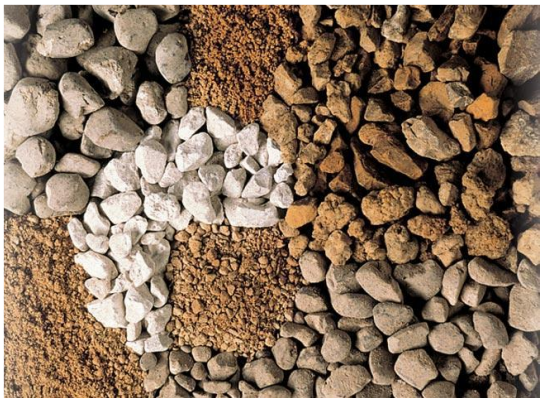
Çimento üretim tesisleri, entegre tesisler ve klinker öğütme tesisleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Entegre tesisler genellikle kireçtaşı, kil ve marn gibi minerallerin bol olduğu bölgelere kurulmakta ve maden işletme ruhsatı alarak ham maddelerini kendi ocaklarından temin etmektedirler. Klinker öğütme tesisleri ise entegre tesislerde üretilen klinkeri alıp öğütmekte ve diğer malzemeler ile karıştırdıktan sonra satışa sunmaktadır **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].**

Çimento üretimi dört ayrı şekilde yapılabilmektedir. Bunlar; kuru işlem, yarı kuru işlem, yarı yaş işlem ve yaş işlemdir. Ülkemizdeki tesislerin tamamına yakını enerji tüketimi ve maliyet açısından daha avantajlı olduğu için kuru işlem üretim prosesine sahiptir. **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016].**

2.2.1.2. Agrega

Agrega, betonun hacminin yaklaşık %70-75'ini oluşturur. Doğal, yapay veya her ikisinin karışımı olan yoğun mineral malzemelerin çeşitli boyutlardaki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerinin bir yığını olarak tanımlanır **(Şekil 2.7).** 4 mm'den küçük tane boyutlarına ince agrega veya kum, 4 mm'den büyük olanlara ise iri agrega veya çakıl denir **[Küçük, 2000].** Agreganın, su ile temas ettiğinde yumuşamaması veya dağılmaması ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye atmaması betonun

uygun performansı göstermesi açısından önemlidir. Bununla birlikte kullanım yeri ve amacına göre, agreganın granülometrisi (tane dağılımı), tane şekli, dayanımı, aşınma dayanımı, dona dayanıklılığı, birim hacim ağırlığı ve özgül ağırlığı gibi özellikleri ilgili standartlara uygun olmalıdır **[Küçük, 2000].**



Şekil 2.7. Agrega **[T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2012].**

Agregalarda aranan en önemli özellikler, sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeleri (örneğin, deniz kabuğu, odun, kömür gibi), basınca ve aşınmaya karşı yüksek mukavemet göstermeleri, toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri, yassı ve uzun tanelerden arınmış olmaları ve çimento ile zararlı reaksiyonlara girmemeleridir. Bu özellikler, betonun performansını ve dayanıklılığını sağlamak için son derece önemlidir **[Çomak vd., 2010].** Yapılan çalışmalara göre, yüksek kaliteli doğal agregalar, genellikle su kaynaklarının çevresinde bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki suyun etkisiyle, agregaların daha dayanıklı ve homojen yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir **[Öztoprak vd., 2018].**

Elde edildiği kaynağa göre agregalar doğal, yapay ve geri kazanılmış agrega olarak üç grupta incelenebilir. Doğal agregalar, mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tabi tutulmamış olan mineral kaynaklardan (Nehirlerden, teraslardan, denizlerden, göllerden ve taş ocaklarından vb.) elde edilen kırılmış veya kırılmamış agregalardır. Kırma taş, çakıl, kum, ponza taşı doğal agregaya örnek olarak gösterilebilir. Yapay agregalar, yan madde veya atık madde olarak ortaya çıkan malzemenin ikinci bir ısıl işlem görmesiyle oluşmaktadır. Geri kazanılmış agrega ise, geri dönüştürülmüş inorganik malzemelerdir **[Web 3, 2024].** Agregalar hazır beton üretim tesislerde oluşan en önemli toz emisyon kaynaklarından biridir ve agrega tanecik boyutunun

tozuma açısından önemli bir faktördür. Agrega çeşitlerine ait detaylar **Tablo 2.3'** te sunulmuştur.

Tablo 2.3. Agrega çeşitleri **[Web 3, 2024].**

Kıstas	Agrega Çeşidi	Özelliği
Elde ediliş şekline göre	Doğal agregalar	-
	Yapay agregalar	-
	Geri kazanılmış agregalar	-
Birim ağırlıklarına göre	Hafif agrega	Birim ağırlıkları; 2,00 kg/dm³
	Ağır agrega	Birim ağırlıkları; 3,20 kg/dm³'den büyük
Tane boyutlarına göre	İnce agrega	4 mm'den küçük
	İri agrega	4 mm'den büyük
	Karışık (tüvenan) agrega	İnce ve iri agrega karışık

2.2.1.3. Su

Suyun betonla ilişkisi dört ana başlıkta incelenebilir:

1. Çimento ve agregalarla birlikte harç ve betonun karılmasında kullanılan karışım suyu,
2. Kalıba yerleştirilmiş betonun bakım safhasında sulama ve kür suyu,
3. Beton agregalarının kil ve yabancı maddelerden arındırılmasında ve betonu karıştırma ile taşıma araçlarının yıkanmasında kullanılan yıkama suyu,
4. Yeraltı su seviyesi yüksek bölgelerde betonarme temellerine zararlı etki yapabilecek agresif temas suyu.

Deneyler, normal betonlar için su/çimento oranının %45-55 arasında tutulmasıyla iyi sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Su miktarını doğru ayarlamak, beton üretiminin en nazik, en zor ve en önemli sorunlarından biridir. Beton karışım suyunun kullanma ya da içme suyu niteliğinde olması, sülfat bileşikleri, tuz bileşikleri veya betonu bozabilecek yabancı maddeler içermemesi gerekmektedir **[Küçük,2000].**

Hazır beton üretim tesislerinde kullanılan su genellikle yerel su kaynaklarından temin edilmektedir. Bununla birlikte tesislerde kullanılan suyun bir kısmı tesislerde bulunan çöktürme havuzundan arıtılarak da temin edilebilmektedir **[Coşgun vd., 2015; Oyak, 2023].**

2.2.1.4. Katkı Maddesi

Betonun niteliklerini artırmak amacıyla, çimento miktarı baz alınarak belirli oranlarda organik veya inorganik kaynaklı kimyasal maddeler eklenir; bu maddelere katkı maddesi denir. Genellikle, bu katkılar beton karışımına su ile birlikte eklenir. Katkı maddeleri, karışıma çimento ağırlığının %2'ini geçmeyecek şekilde ilave edilir. Gereğinden fazla kullanıldığında olumsuz etkiler yaratabilirken, yetersiz miktarda kullanıldıklarında beklenen fayda sağlanamayabilir. Beton üretim sürecinde kullanılan bu katkıların taze beton üzerindeki etkileri, deneyimli teknik personelin kontrolünde ve üniversite akademisyenlerinin rehberliğinde donanımlı laboratuvarlarda yapılan testlerle belirlenir. Katkı maddelerinin tedariki ise, tedarikçi firmaların sunduğu kalite analiz sertifikalarına dayanarak yapılır. Ayrıca, bu katkılar yüksek teknolojiye sahip, bilgisayar kontrollü tesislerde hassas bir şekilde tartılarak betona eklenir **[TC. Millî Eğitim Bakanlığı, 2012].** Beton katkı maddelerinin doğru bir şekilde kullanımı için belirli standartlara (TS EN 934-1, TS EN 934-2+A1, TS EN 934-3+A1, TS EN 934-4, TS EN 934-5, TS EN 934-6) uyulması gerekmektedir **[TSE, 2013; Usta, 2005].**

Hazır beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı türleri ise su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkılar, yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı katkılar, su tutucu katkılar, su geçirimsizlik katkıları, priz hızlandırıcı katkılar, priz geciktirici katkılar ve priz geciktirici/su azaltıcı/akışkanlaştırıcı katkılar olarak sıralanabilir **[T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2012].**

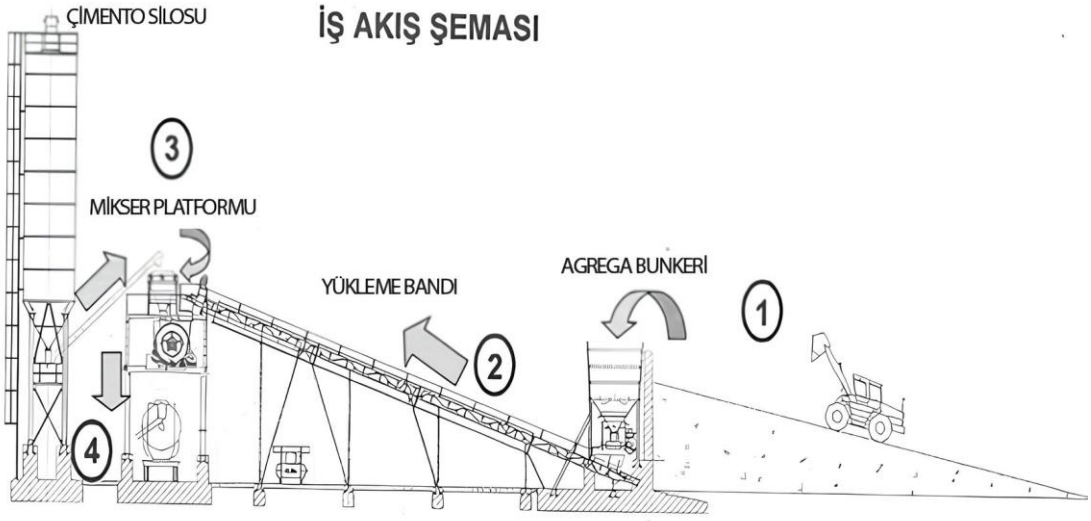
2.2.2. Hazır Betonun Karıştırılması

Hazır beton üretim tesisleri, betonun fabrika ortamında hazırlanarak şantiyelere ulaştırılmasını sağlayan tesislerdir. Bu tesisler, betonun kalitesini ve homojenliğini sağlamak amacıyla ileri teknolojiye sahip ekipmanlar kullanır **[Reçber, 2023].** Standartlara uygun üretim yapılması için süreç boyunca sürekli kalite kontrol işlemleri gerçekleştirilir **[THBB, 2023].**

Hazır beton üretim tesislerinin kurulumu, nispeten kolay ve hızlı bir süreçtir. Bu tesisler, sanayi bölgelerinde, kentsel gelişim alanlarında, proje sahalarında ve hatta bina şantiyelerinde kurulabilir **[IMSAD, 2023].** Bu sebeple, hazır beton santralleri, üretim kapasitesine göre genellikle iki farklı tipe ayrılmaktadır: sabit beton santralleri ve mobil beton santralleri. Sabit beton santralleri genellikle yüksek kapasiteli üretim

sağlamaktadır. Diğer yandan, mobil beton santralleri taşınabilirlikleri ve düşük kapasiteleri ile küçük ölçekli projelerde tercih edilmektedir. Mobil beton santralleri, inşaat sahaları arasında hızlı ve kolay bir şekilde taşınabilir ve kurulabilirler, bu da projelerin zaman ve maliyet açısından daha etkin bir şekilde yönetilmesine olanak sağlar.

Hazır beton, üretim tesislerinde belirli bir iş akışına göre üretilir. Öncelikle temin edilen, çimento, agrega, su ve katkı maddeleri uygun koşullarda depolanır. Bu malzemeler, otomatik karıştırıcılar tarafından belirli oranlarda ölçülüp karıştırılır. Karışımın homojenliği ve kıvamı kontrol edilerek, mikser kamyonlara yüklenir ve şantiyeye nakledilir **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].** Hazır beton üretimine ait iş akış şeması **Şekil 2.8**'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Hazır beton üretimi iş akış şeması **[OYAK,2023].**

1. Agreganın bunkere yüklenmesi
2. Agreganın bunkerde tartılması, yükleme bantları ile karıştırıcıya taşınması
3. Agrega, su, çimento ve katkı ile karıştırıcıda beton yapılması
4. Hazır betonun transmiksere doldurulması ve sevkiyatın yapılması

Üretim tesislerinde kullanılan başlıca makine ve ekipmanlar arasında çeşitli kapasitelerde karıştırıcılar, çimento ve malzeme siloları, konveyörler, mikser kamyonlar ve üretim sürecini izleyen kontrol sistemleri bulunur **(Şekil 2.9).**

Hazır beton üretim tesislerinde bulunan makine, ekipman ve alanlar aşağıda açıklanmıştır. Tanımlar hazır beton üretim tesisine ait 'ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) Raporu'ndan **[OYAK, 2023]** alınmıştır.

Stok Sahası: Hazır beton üretim tesislerinde, farklı türde agregaların (kum, kırma kum, agrega) birbirinden bağımsız olarak üstü kapalı alanlarda stoklandığı bölümdür. Bu alanlar, perde duvarlarla ayrılarak malzemelerin karışmadan muhafaza edilmesini sağlar.

Agrega Bunkeri: Agrega bunkerine malzemeler, stok sahasından loder yardımı ile taşınır. Loder, malzemeleri agrega ön besleme bunkerine aktarır. Buradan, hareketli bant sistemi ile agregalar ana karıştırıcı üniteye iletilir.

Agrega ön besleme bunkeri, Agrega Tartım ve Konveyör Bandı: Agrega bunkerinde bulunan malzemeler, kullanım durumlarına göre bunker altında yer alan agrega tartı bandı ile ölçülür ve agrega taşıma kovasına iletilir. Bu süreç, agregaların doğru oranda karıştırılmasını sağlar.

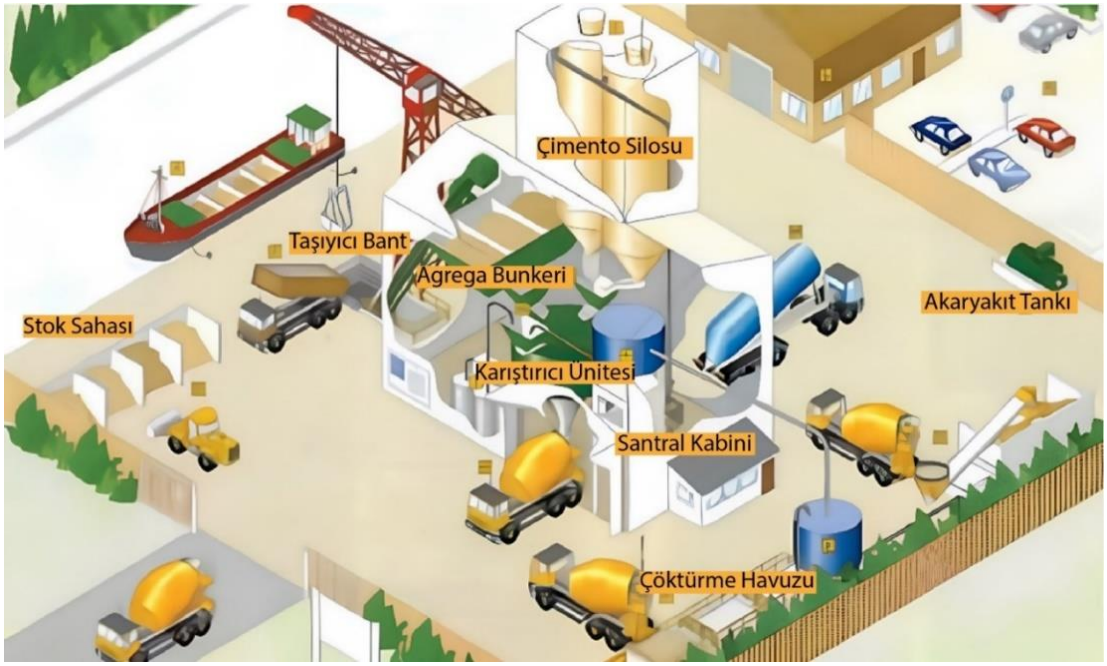
Karıştırıcı Ünitesi: Bu ünitede, silolardan gelen çimento, taşıma bandından gelen agrega, su ve kimyasal katkı malzemeleri karıştırılır. Bu işlemin sonunda, hazır beton elde edilir.

Santral Kabini: Operatörlerin üretim sürecini kontrol ettiği kapalı bir kabindir. Burada, üretilecek betonun formülü bilgisayar programı aracılığıyla belirlenir ve üretim süreci otomatik olarak yönetilir.

Çimento Silosu: Çimento, silobaslar ile tesise getirilir ve filtre sistemi ile donatılmış silolarda depolanır.

Atıksu Çöktürme Havuzu: Beton üretimi sonrasında oluşan atık suların dinlendirildiği ve çökelme işleminin gerçekleştirildiği bir havuzdur. Çöken malzeme, loder yardımıyla alınır ve kurutma alanına taşınır. Buradan süzülen su, tekrar ön çöktürme havuzunda toplanır ve geri dönüşüm amacıyla kullanılır.

Akaryakıt Tankı ve Pompası: Tesisin ihtiyaç duyduğu motorinin depolandığı tanktır. Transmikser ve pompaların yakıt ihtiyacı bu tanktan karşılanır.



Şekil 2.9. Hazır beton üretim tesisi örneği **[ERMCO, 1996].**

2.2.3. Hazır Betonun Yapım Alanına Taşınması

Hazır beton, üretildikten sonra iki saat içinde kullanılması gereken bir üründür ve hazırlık süresi oldukça kısadır. Buna karşın, sabit beton santrallerinin **(Şekil 2.10)** şehir içerisine kurulması konusunda çeşitli kısıtlamalar bulunmaktadır ve bazı projelerde şehir merkezine uzak olma veya trafik gibi çeşitli sebeplerden dolayı betonun iki saat içerisinde yapım alanına taşınması oldukça zordur. **[ResGaz 1].** Bu gibi durumlarda mobil beton santralleri tercih edilmektedir. Mobil beton santralleri **(Şekil 2.11)**, yapım alanının içerisinde kurulduğundan ek bir taşıma ihtiyacı bulunmamaktadır **[Web 4, 2024].**

Hazır beton üretim tesislerinde üretilen betonun, şantiye sahasına taşınması ve yerleştirilmesi süreci, yalnızca betonun fiziksel transferini değil, aynı zamanda kalitesini ve dayanıklılığını da etkilemektedir. Betonun taşınması sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Yüksek sıcaklık, betonun priz almasını hızlandırabilir ve bu da betonun işlenebilirliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, betonun taşınması ve dökülmesi sırasında sıcaklık kontrolü kritik öneme sahiptir **[Web 5, 2024].**

Beton üretildikten sonra, şantiye sahasına taşınması genellikle transmikser adı verilen döner tamburlu özel araçlarla gerçekleştirilir **(Şekil 2.10).** Transmikser taburları

genellikle 5-10 m³ kapasiteye sahiptir **[ERMCO, 1996].** Transmikserlerin içinde bulunan döner tambur, betonun sürekli karıştırılmasını sağlar ve böylece betonun homojenliğini ve kıvamını korur. Ayrıca, transmikserler genellikle su ekleme sistemi ile donatılmıştır, böylece gerektiğinde betonun kıvamı ayarlanabilir **[Web 6, 2024].** Betonun işlenebilirliğini kaybetmeden yerleştirilmesi için dikkatli bir şekilde taşınması ve düzenli olarak karıştırılması önemlidir. Aksi takdirde, beton işlenebilirliğini kaybeder **[Reçber, 2023; Demirdöğen ve Çetinyokuş, 2021].**

Şekil 2.10. Sabit beton santrali örneği **[Web 7, 2024].**

Şekil 2.11. Mobil beton santrali örneği **[Web 8, 2024].**

2.2.4. Hazır Betonun Yerleştirilmesi

Hazır betonun ürün nitelikleri korunarak, şantiye alanına transmikser ile taşınıp, pompa veya diğer araç gereçlerle kalıba yerleştirilmesi işlemine "beton dökümü" denir. Beton dökümü örneği **Şekil 2.12**'de verilmiştir. Beton dökülmeden önce kalıpların ve donatıların kontrol edilmesi, ekipman, eleman ve çalışma alanı hazırlığı, beton bakımı ve zemin kontrolü yapılması beton dökümünden yüksek verim elde edilmesi için önemlidir **[Web 9, 2024].**

Hazır beton yerleştirme işlemi pompalı ve pompasız olarak ikiye ayrılır. Pompalanacak betonun, transmikserden direkt kalıba dökülen betona kıyasla daha akıcı ve işlenebilir olması gerekir. Hazır beton yerleştirilirken mümkün olduğunca yerleştirileceği yere veya yakın bir bölgeye dökülmelidir. Beton belirli bir bölgeye yığılarak yerleştirilmemeli, homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Büyük yığınlar ve eğimli tabakalar oluşturulmamalıdır **[Web 9, 2024].**

Şekil 2.12. Beton dökümü örneği **[T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2012].**

2.2.5. Transmikserlerin Tesise Dönmesi ve Temizlenmesi

Hazır beton üretim sürecinde, transmikserlerin taşıma sırasında iç yüzeylerinde beton kalıntıları birikir. Bu kalıntılar zamanla katılaşarak mikser tamburunun kapasitesini ve verimliliğini düşürebilir. Bu nedenle, mikserlerin düzenli olarak temizlenmesi gereklidir **[Vieira, 2019].** Çoğu beton üretim tesisinde, transmikserlerin temizliği için özel yıkama bölümleri bulunmaktadır. Örnek transmikser yıkama alanı **Şekil 2.13**'te gösterilmiştir. Bu bölümlerde, yüksek basınçlı su ile yıkama yapılarak beton kalıntıları temizlenir. Yıkama işlemi, transmikserlerin iç yüzeylerinin beton kalıntılarından arındırılmasını sağlar ve böylece bir sonraki taşıma işleminde mikserin tam kapasite ile çalışmasına olanak tanır.

Şekil 2.13. Transmikser yıkama alanı örneği **(Z. Turan arşivi).**

3. HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE MEVZUAT BAĞLAMINDA ÖNLEMLER

Yapı sektörü, çevre kirliliğine ciddi ölçüde katkı sağlamakta, yüksek miktarda enerji tüketmekte ve katı atık üretimine neden olmaktadır. Günümüzde inşaat süreçleri, özellikle beton gibi temel yapı malzemelerinin kullanımına yoğunlaşmaktadır. Bu malzemelere olan yüksek talep ve bunların büyük ölçekli üretimi, ciddi çevresel etkiler yaratmaktadır **[Vasilca et al., 2021].** Hazır beton üretim sürecinin çevresel etkileri, hammadde temininden betonun karıştırılması ve taşınmasına kadar olan tüm aşamalarda dikkatle izlenmesi gereken önemli süreçlerdir. Üretim aşamasında oluşan olumsuz etkilerin minimize edilmesi, hem doğal kaynakların korunması hem de çevre sağlığının sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla alınması gereken önlemler, hem ulusal çevre mevzuatı hem de sektörel rehberler ve uygulamalar ile belirlenmiştir. Bu bağlamda, en önemli düzenlemelerden biri Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği'dir. ÇED yönetmeliğinin amacı, çevresel etki değerlendirmesi kapsamına giren projelerin başvuru, inşaat öncesi, inşaat, işletme ve işletme sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetlenmesini ve çevresel etkilerinin belirlenmesini sağlamaktır **[ResGaz 1].** İlgili yönetmeliğe göre, hazır beton üretim tesisleri, üretim kapasitesi 100 m^3/saat veya üzerinde olduğunda, "Çevresel Etkileri Ön İnceleme ve Değerlendirmeye Tabi Projeler" kapsamında değerlendirilir ve Proje Tanıtım Dosyası hazırlanır. Üretim kapasitesi 100 m^3/saatin altında olan tesisler yönetmelik kapsamı dışında kalmaktadır ve proje yatırımı için herhangi bir ÇED Belgesi aranmamaktadır **[ResGaz 1].** Bu düzenlemeler, yapılması planlanan projelerin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla getirilmiş önemli kriterlerdir.

Türkiye'de hazır beton sektöründe çevreye duyarlı uygulamaların yaygınlaştırılması ve standartlaştırılması, THBB tarafından yayınlanan kılavuzlarla da desteklenmektedir **[Web 10, 2024].** THBB ve ERMCO tarafından yayınlanan "Hazır Beton Sektöründe Çevre Uygulamaları" ve "Çevre Sağlığı Denetim Listesi" gibi kılavuzlar, sektörün çevresel sürdürülebilirlik anlayışını geliştirmeyi hedeflemektedir **[Web 10, 2024].** Bu rehberlerde yer alan uygulamalar, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik somut adımları içermekte ve üye tesisler tarafından uygulanması teşvik edilmektedir.

2023 yılı itibariyle Türkiye'de faaliyet gösteren 1.150 hazır beton üretim tesisinin %65'i THBB üyesi olup, bu tesisler Türkiye'de üretilen betonun büyük bir kısmını sağlamaktadır **[THBB, 2024].** THBB'ye üye olan tesisler, düzenli olarak uygunluk incelemelerine tabi tutulmakta ve çevre sağlığına yönelik yaklaşım ve kontrolleri dikkate alınmaktadır. Eksiklik tespit edilen tesislerin, çevresel performanslarını iyileştirmeleri talep edilmektedir **[Web 10, 2024].** Bu nedenle, 2023 yılında Türkiye'de üretilen yaklaşık 75 milyon m^3 betonun büyük bir kısmının çevreye duyarlı ve kontrollü bir şekilde üretildiği söylenebilir. Ancak, THBB ve ERMCO tarafından belirlenen çevre uygulamaları, tesisler için zorunlu olmayıp, uygulamalar tesislerin inisiyatifine bırakılmıştır. Bununla birlikte, çevre mevzuatında yer alan ilgili yasa ve yönetmelikler, belirli çevresel etkileri azaltıcı uygulamaları zorunlu kılmaktadır. Özellikle, Çevre Kanunu'nun 15. Maddesi, çevre izni ve lisansı olmayan tesislerin faaliyetlerinin süre verilmeksizin durdurulacağını belirtmektedir **[ResGaz 2].** Bu madde, çevresel etkilerin düzenli olarak denetlenmesi ve yüksek çevresel etkileri olan tesislerin ciddi yaptırımlarla karşılaşabileceğini vurgulamaktadır. Tüm bu yasal ve sektörel kısıtlamalar, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini azaltıcı yaklaşımlar uygulamasını teşvik etmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, hazır beton üretim tesislerinde meydana gelen çevresel etkiler ve bu etkileri azaltmaya yönelik uygulamalar, ilgili yönetmelikler ve yayınlar doğrultusunda üç ana başlık altında detaylandırılmıştır. Bu başlıklar, doğal kaynak kullanımı, enerji tüketimi ve kirlilikler olarak belirlenmiştir. Kirlilikler başlığı altında ise hava kirliliği, gürültü kirliliği, toprak ve su kirliliği gibi alt konular ele alınmıştır.

3.1. Doğal Kaynak Kullanımı ve Yönetimi

Yapı sektörü dünya genelinde doğal kaynakların %20-50'sini tüketmektedir. Yapılan çalışmalar yapı sektörünün çeşitli çevresel etkilere sahip olduğunu ve bu etkiler arasında doğal kaynak tüketiminin en önemli çevresel sorun olarak öne çıktığını göstermektedir **[Vasilca et al., 2021; Enshassi et al., 2014].** Yapı sektöründe önemli yer tutan hazır betonun hammaddeleri olan çimento, agrega (kum, çakıl, kırmataş) ve su, doğrudan doğal kaynaklardan temin edilmektedir ve bu süreçlerin çevresel etkileri dikkate değer boyutlardadır.

Çimento, betonun en kritik bileşenlerinden biridir ve üretimi oldukça enerji yoğun bir süreçtir. Çimento üretiminde kullanılan kalker ve kil, taş ocaklarından çıkarılırken çevresel bozulmalara yol açmaktadır. Taş ocaklarında **(Şekil 3.1)** yapılan madencilik faaliyetleri, büyük miktarda toprak ve bitki örtüsünün kaldırılmasını gerektirir ve bu da doğal yaşam alanlarının yok olmasına neden olabilir **[Coşgun ve Esin, 2004].**

Agrega üretimi **(Şekil 3.2.)** de benzer şekilde çevresel etkilere sahiptir ve betonun yaklaşık %75'ini oluşturan önemli bir bileşendir. Taş ocaklarından veya nehir yataklarından çıkarılan agregalar, çevresel bozulmalara ve ekosistem tahribatına yol açabilir. Ayrıca, taş ocaklarındaki kazı çalışmaları sırasında toprak erozyonu gibi sorunlar da ortaya çıkabilmektedir **[Coşgun vd., 2015; Karadayı ve Coşgun, 2021].** Ek olarak, taş ocaklarında uygun olmayan yöntemlerle yapılan kazı çalışmalarında yüksek duvarlar oluşabilir ve bu durum doğal yapının bozulmasına neden olabilir **[Coşgun ve Esin, 2004].**

Şekil 3.1. Taş ocağı örneği **(Z. Turan arşivi).**

Şekil 3.2. Agrega üretim tesisi örneği **[Web 11,2024].**

Hazır beton üretiminde agreganın yoğun kullanımı, bu malzemeye olan talebi artırmaktadır. Türkiye'deki yıllık agrega üretimleri **Tablo 3.1**'de verilmiştir. Artan talep karşısında kaynak yetersizliği sorunuyla karşı karşıya kalınmıştır. Türkiye'nin zengin jeolojik yapısına rağmen, özellikle büyükşehirlerde agrega temini zorlaşmaktadır. 2022 yılı Türkiye Hazır Beton Sektör Raporu'na **[THBB, 2023]** göre hammadde tedarikinde ve agrega kalitesinde yaşanan sıkıntılar sektörü olumsuz etkilemiştir. Bölgesel bazda agrega ocaklarının yetersizliği ve kalitenin stabil olmaması, üretim süreçlerinde standart sapmalara ve maliyet artışlarına yol açmıştır. Her geçen yıl, agrega kaynaklarının azlığı ve kalitesindeki sorunların daha da büyüyerek, inşaat sektöründe ciddi riskler oluşturması beklenmektedir **[THBB, 2023].** Sektörel bazda oluşan risklerin yanı sıra yaşanan bu sıkıntılar agrega kaynaklarının her geçen gün azaldığını ve doğaya verilen tahribatı açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 3.1. Türkiye yıllık agrega üretimi **[THBB, 2023].**

Yıl	Türkiye Agrega Üretimi (milyon ton)
2018	450
2019	225
2020	270
2021	300
2022	300 (tahmini)

Hazır beton üretiminde kullanılan suyun temini ve tüketimi de önemli bir çevresel sorundur. Hazır beton üretimi büyük miktarda su tüketimi gerektirir. Bu durum, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde ciddi sorunlara yol açabilir.

Hazır beton üretim tesislerinde su tüketimi, personel kaynaklı ve proses kaynaklı olarak iki ana kategoride incelenmektedir. Proses kaynaklı su tüketimi, üç alt gruba ayrılır: hazır beton üretiminden, araç yıkamadan ve saha yıkamadan kaynaklanan su tüketimi. Üretim sürecinden kaynaklanan su tüketimi, hazır beton üretiminin yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır. Araç yıkama su tüketimi, tesiste bulunan transmikser sayısı ile doğru orantılı olup, bir transmikserin yıkanması için yaklaşık 500 litre su kullanılmaktadır. Tesiste bulunan transmikserlerin dışı taşımadan önce ve sonra, içi ise betonun teslimi sonrasında yıkanmaktadır. Saha yıkama su tüketimi ise m^2 başına yaklaşık 2 litre olarak hesaplanmıştır **[OYAK, 2023].** Bu verilere dayanarak, 6.000 m^2 tesis alanına sahip, 12 adet transmikseri bulunan, 1.440 m^3/gün kapasiteye sahip ve 20 personel çalıştıran bir tesisin günlük ortalama su tüketimi 179 m^3 olarak belirlenmiştir

[OYAK, 2023]. Yapılan hesaplama, transmikserlerin günde bir defa yıkanması planlanarak yapılmıştır.

Hazır beton üretiminde kullanılan hammaddelerin temini, doğal kaynakların hızla tüketilmesine ve çevresel bozulmalara neden olmaktadır. Çimento, agrega ve su temini sırasında çevreye verilen zararlar, doğrudan hammaddelerin çıkarılması ve kullanılmasıyla ilişkilidir. Bu nedenle, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik çabalar, hammadde temini aşamasında başlamaktadır **[Coşgun vd., 2015; Karadayı ve Coşgun, 2021; Çiftçi ve Beyhan, 2021].**

Hammadde çıkarma süreçlerinde habitat tahribatını ve biyolojik çeşitlilik kaybını en aza indirmek için daha az zararlı yöntemlerin geliştirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, sürdürülebilir madencilik uygulamalarının benimsenmesi ve bu uygulamaların titizlikle uygulanması, ekosistemlerin korunmasına ve çevresel dengelerin sürdürülmesine önemli katkılar sağlayabilir. Bunun yanı sıra, geri dönüştürülmüş yan ürün (uçucu kül, yüksek fırın cürufu vd.) içeren çimento karışımları kullanılması ve çimento tüketiminin azaltılması, doğadan çıkarılan hammadde miktarını düşürerek çevresel yükü hafifletmeye yardımcı olabilir. Bu yaklaşım, kaynak verimliliğini artırırken çevresel etkilerin de minimize edilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, beton geri dönüşüm sistemlerinin entegrasyonu, mevcut malzemelerin yeniden kullanılması yoluyla atık miktarını azaltırken, yeni hammadde ihtiyacını da önemli ölçüde azaltabilir. Son olarak, hazır beton üretim tesislerinde su geri dönüşüm sistemlerinin kullanılması, tatlı su kaynaklarına olan talebi azaltarak su kaynaklarının korunmasına ve su kirliliğinin önlenmesine destek olmaktadır. Bu tür bütüncül yaklaşımlar, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını teşvik ederken, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik önemli katkılar sunmaktadır **[Karadayı ve Coşgun, 2021; Singhcrete, 2023].**

Hammaddelerin temini ve kullanımı süreçlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, doğal kaynakların korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, hazır beton üretiminin çevresel etkilerini azaltmanın anahtarıdır ve bu doğrultuda atılacak adımlar, uzun vadede çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır **[Karadayı ve Coşgun, 2021].**

3.2. Enerji Tüketimi ve Yönetimi

Küresel olarak kullanılan enerjinin %40'a kadar olan kısmının yapı sektörü tarafından tüketildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Yapı sektöründe ise, yapı malzemelerinin üretimi sırasında harcanan enerji, yapıların inşası için tüketilen toplam enerjinin %20'sini oluşturmaktadır **[Vasilca et al., 2021; Yeşilyurt ve Kocadağıstan, 2023].**

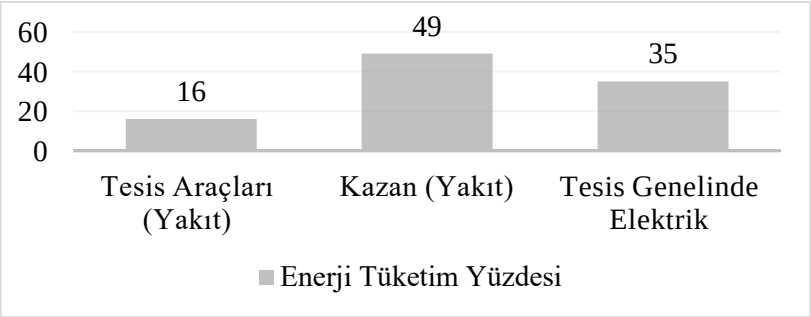
Yapı sektörünün önemli bir parçası olan hazır beton üretimi, enerjiyi yoğun olarak kullanan bir süreçtir ve bu süreç; çimento üretimi, agrega üretimi, hammaddenin taşınması, beton üretimi ve üretilen betonun şantiyeye taşınması gibi aşamaları içerir **[Coşgun ve Esin, 2004].** Hazır beton üretiminde kullanılan çimento türü, uçucu kül, silis dumanı, cüruf gibi malzemeler enerji tüketimini etkilemektedir. Ortalama olarak, 1 m^3 beton üretimi için 1,40 kWh elektrik enerjisi ve 1,57 litre dizel yakıt kullanılmaktadır **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].** Bununla birlikte 1 m^3 beton üretimi için minimum 300 kg çimento kullanılması gerekmektedir. 1 ton çimento üretimi için ortalama 110 kWh enerji tüketimi olduğu göz önünde bulundurulduğunda, 1 m^3 beton üretiminde kullanılacak çimentonun üretimi için yaklaşık 33 kWh'lik bir enerji sarfiyatı ortaya çıkmaktadır **[Web 12, 2024; Benzer vd., 2022].** Hazır beton üretimindeki artış trendine bakıldığında, gelecekte bu sektörde enerji tüketiminin daha da artması beklenmektedir **[T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018].**

Hazır beton üretiminde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü çimento üretiminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca çimento üretimi, endüstriyel süreçlerde kullanılan toplam enerjinin %12 ila %15'ini oluşturarak, önemli bir enerji tüketim kaynağı olarak öne çıkmaktadır **[Coşgun vd., 2015; Yeşilyurt ve Kocadağıstan, 2023].** Çimento üretim tesisi örneği **Şekil 3.3**'te verilmiştir.

Şekil 3.3. Çimento üretim tesisi örneği **[Web 13, 2024].**

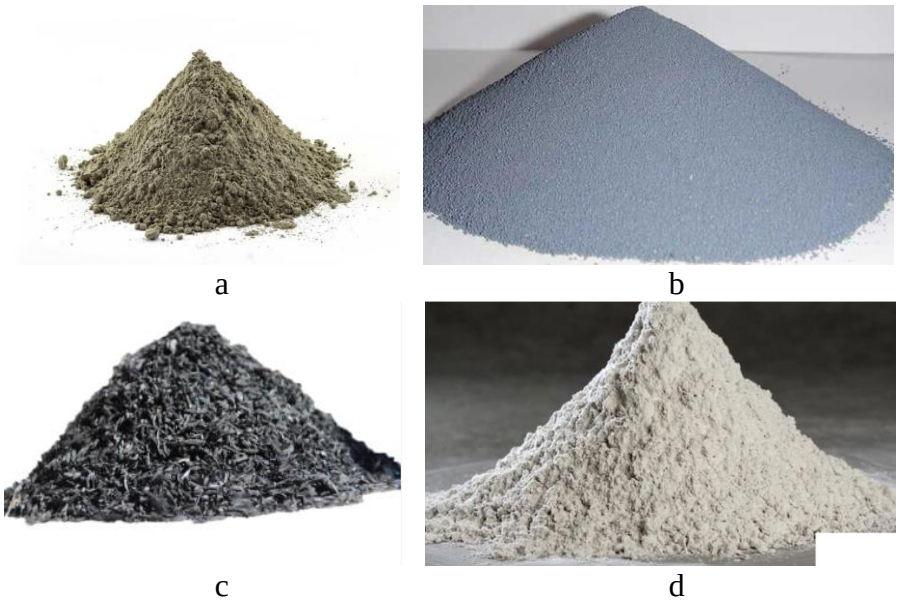
Agrega üretimi de enerji tüketimi açısından önemli bir aşamadır. Agregaların kayaçlardan elde edilmesi sırasında kullanılan taş kırma makineleri nedeniyle büyük miktarda enerji tüketilir **[Karadayı ve Coşgun, 2021].** Taş ocaklarından çıkartılan hammaddelerin üretim alanına taşınması da enerji tüketimini artıran bir diğer faktördür. Özellikle, uzak mesafelerden hammadde taşınması durumunda, enerji tüketimini önemli ölçüde artar ve bu durum beton üretiminin enerji verimliliğini olumsuz etkiler **[Coşgun vd., 2015].**

Hazır beton üretiminde kullanılan enerji, yalnızca hammadde işleme ve taşıma süreçleriyle sınırlı değildir. Üretim tesislerinin işletilmesi ve betonun şantiyeye taşınması da enerji tüketimini artırır. Örneğin, transmikserler ve beton pompaları, betonun şantiyeye taşınması ve dökülmesi sürecinde de enerji tüketir **[Coşgun vd., 2015; Coşgun ve Esin, 2006].** Hazır beton üretim tesislerindeki enerji tüketim dağılımı **Şekil 3.4**'te sunulmuştur.



Şekil 3.4. Hazır beton üretim tesislerinde enerji kullanım dağılımı **[Kermeli vd., 2013].**

Hazır beton üretiminde en yüksek enerji tüketiminin çimento üretimi aşamasında gerçekleşmesi nedeniyle, beton üretim tesislerinde enerji yönetiminin en kritik adımının çimento tüketiminin azaltılması olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, beton üretiminde enerji yoğun çimento miktarını azaltmak ve yerine uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve pirinç kabuğu külü gibi **(Şekil 3.5)** geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımının artırılması, çevresel etkileri en aza indirmede etkili bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Bu alternatif malzemeler, hem atık yönetimi sorunlarına çözüm getirmekte hem de betonun üretim sürecindeki enerji tüketimini azaltmaktadır. Dolayısıyla, beton üretiminde bu tür sanayi atıklarının kullanılması, toplam enerji tüketimini düşürmekte ve CO_2 emisyonlarını azaltarak daha sürdürülebilir bir üretim süreci sağlamaktadır **[Karadayı ve Coşgun, 2021].**



Şekil 3.5. Beton bileşiminde kullanılabilen geri dönüştürülmüş malzemeler a) uçucu kül, b) silis dumanı, c) pirinç kabuğu külü d) yüksek fırın cürufu, **[Web 14, 2024; Web 15, 2024; Web 16, 2024; Web 17, 2024].**

Hazır beton üretim tesislerinde enerji verimliliğini artırmak amacıyla, uygulanabilecek ek enerji tasarruf stratejileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, tesislerde enerji kullanımını düzenli olarak izlemek ve en iyi uygulamaları devreye sokmak önemli adımlar arasında yer alır. Enerji verimliliği yüksek ekipmanların kullanımı, enerji tüketimini belirgin şekilde azaltabilir. Örneğin, yüksek verimli motorlar, pompa ve enerji tasarruflu aydınlatma sistemleri gibi teknolojilerin entegrasyonu, tesislerin enerji yönetimindeki verimliliğini arttırır. Bunun yanı sıra, karışım sürecinin optimize edilmesi enerji tasarrufunda etkili bir rol oynar. Homojenliği daha az enerji ile sağlayan ileri karıştırma teknolojilerinin kullanılması ve betondaki klinker içeriğini azaltmak için katkı malzemelerinin optimize edilmesi, bu süreçte uygulanabilecek pratik çözümler arasındadır. Ayrıca, ekipmanların düzenli bakımlarının yapılması, enerji tüketimini en aza indirmeye yardımcı olurken, personelin enerji tasarrufu uygulamaları konusunda eğitilmesi de enerji verimliliğinin sürdürülebilirliğini destekler. Son olarak, güneş panelleri ve rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, beton üretiminde kullanılan enerjinin büyük bir kısmını karşılayarak, enerji tüketimini daha da azaltabilir. Bu tür stratejiler, hazır beton üretim tesislerinde daha verimli bir enerji yönetimi sağlamak adına önemli katkılar sunmaktadır **[Kermeli vd., 2011; Kermeli vd., 2013].**

3.3. Kirlilikler ve Yönetimi

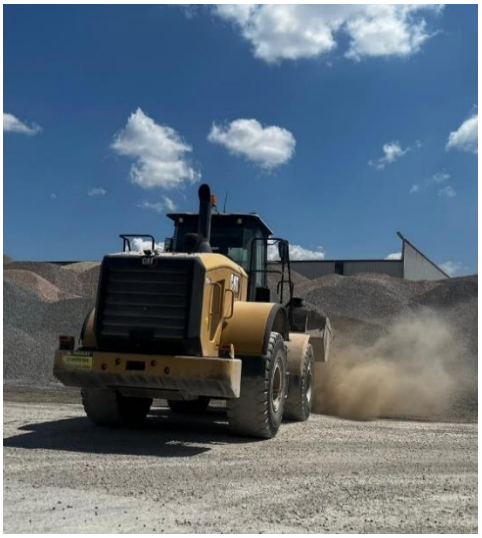
Hazır beton üretim sürecinin farklı aşamalarında çeşitli kirlilik türleri meydana gelir. Bu kirlilik türleri genel olarak hava kirliliği, gürültü kirliliği ve toprak ve su kirliliği olarak sıralanabilir. Her bir kirlilik türü, çevre ve insan sağlığı üzerinde farklı derecelerde etkilere sahiptir ve bu etkilerin yönetilmesi, sürdürülebilir üretim süreçlerinin oluşturulmasında kritik bir rol oynar. Aşağıda, bu kirlilik türlerinin her biri ayrı başlıklar altında detaylı olarak sunulmuştur.

3.3.1. Hava Kirliliği

Hazır beton üretiminde hava kirliliği, genellikle toz emisyonlarından kaynaklanır. Bu kirlilik, hammadde temininden başlayarak, hazır betonun inşaat sahasına yerleştirilmesine kadar tüm süreçlerde devam eder. Üretimin ilk aşaması olan hammadde temini sırasında, özellikle agrega ve çimento gibi malzemelerin elde edilmesi aşamasında büyük miktarda toz emisyonu oluşur. Bitkisel toprağın sökülmesi, patlatma ve malzemelerin kamyonlara yüklenmesi gibi işlemler sırasında çevreye yayılan tozlar, hava kalitesini olumsuz etkiler **[OYAK, 2023].**

Hammaddelerin hazır beton üretim santrallerinde depolanması sırasında da önemli ölçüde toz emisyonu meydana gelir. Çimento siloları ve agrega depolama alanlarından kaynaklanan tozlar **(Şekil 3.6; Şekil 3.7)**, hava kirliliğine neden olur ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Bu tozlar, genellikle ince çimento ve agrega parçacıklarıdır. Ayrıca, çimento üretimi, insan kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık %5'ini oluşturarak, beton üretim sürecinin karbon ayak izini artırmaktadır **[Coşgun ve Esin, 2006; Karadayı ve Coşgun, 2021].**

Şekil 3.6. Çimento silosundan kaynaklı hava kirliliği **(Z. Turan arşivi).**



Şekil 3.7. Toz emisyonu örneği **(Z. Turan arşivi).**

Hazır beton üretimi sırasında, hammaddelerin karıştırılması ve işlenmesi aşamalarında da toz emisyonları oluşur. Bu süreçte ortaya çıkan tozlar, özellikle çimento ve agrega tozları, tesiste çalışan personel için sağlık riski oluşturmanın yanı sıra çevreye yayılabilir. Üretilen betonun ve hammaddelerin nakliyesi de hava kirliliğine katkıda bulunur. Nakliye sırasında oluşan toz emisyonları, transmikserlerin hareketi ve hammaddelerin depolanması sırasında yoğunlaşarak hava kalitesini olumsuz etkiler **[Karadayı ve Coşgun, 2021; Coşgun ve Esin, 2004].** Hammaddelerin uzun mesafelerden taşınması, enerji tüketimini artırır ve bu da fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan zararlı gazların atmosfere salınmasına neden olur. Büyük araçların toprak yollardan geçişi sırasında oluşan tozuma da hava kirliliğine ek bir katkı sağlar. Son olarak, hazır betonun inşaat sahasına yerleştirilmesi aşamasında da toz emisyonları devam eder.

Hazır beton üretim tesislerinde oluşan hava kirliliği insan sağlığı ve doğal çevre üzerinde ciddi olumsuz etkilere sahiptir. Toz emisyonları ve egzoz gazları, solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler rahatsızlıklara yol açabilir. Ayrıca, çevresel hava kalitesinin düşmesi, bitki örtüsü ve su kaynakları üzerinde de olumsuz etkiler yapabilir **[Coşgun ve Esin, 2006].** Bu nedenlerle, hazır beton üretiminde oluşan hava kirliliğini kontrol altına almak ve minimize etmek için ilgili yönetmeliklere uyulması ve gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşır.

Hazır beton üretim tesislerinde oluşan toz emisyonlarının hesaplanabilmesi için 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)'nde yer alan emisyon faktörleri kullanılır **[ResGaz 3].** Bu faktörler, üretim aşamalarında oluşabilecek olası toz emisyon değerlerini tanımlamaktadır **(Tablo 3.2).**

Tablo 3.2. Toz emisyonu kütlesel debi hesaplamalarında kullanılan SKHKKY emisyon faktörleri **[ResGaz 3].**

Kaynaklar	Kontrolsüz	Kontrollü	Birim
Patlatma	0,080	-	kg/ton
Sökme	0,025	0,0125	
Yükleme	0,010	0,005	
Boşaltma	0,010	0,005	
Birincil Kırıcı	0,243	0,0243	
İkincil Kırıcı	0,585	0,0585	
Üçüncül Kırıcı	0,585	0,0585	
Nakliye (gidiş-dönüş mesafesi)	0,7	0,35	kg/km-araç
Depolama	5,8	2,9	kg toz/ha gün

Örneğin, depolama aşamasında oluşması muhtemel toz emisyonu hesaplanırken depo alanı (hektar) ve emisyon faktörü (kg/hektar) kullanılarak hesaplama yapılır. Bu hesaplama, depo alanının hektar cinsinden büyüklüğü ve çalışma süresi (saat) üzerinden gerçekleştirilir.

4.000 m² depolama alanına sahip bir tesis için toz emisyonu hesabı:

- Kontrolsüz durumda: 0,4 ha x 5,8 kg.toz/ha.gün / 24 saat = 0,96 kg/saat
- Kontrollü durumda: 0,4 ha x 2,9 kg.toz/ha.gün / 24 saat = 0,48 kg/saat

toz emisyonu oluşacağı hesaplanmaktadır **[Hür, 2023].** Bununla birlikte, **Tablo 3.2**'deki veriler incelendiğinde, farklı işlemler sırasında ortaya çıkan toz emisyonlarının kontrol önlemleriyle önemli ölçüde azaltılabildiği açıkça görülmektedir. Verilere göre, hammadde depolama aşaması yüksek miktarda toz emisyonuna sebebiyet vermekte, ancak kontrollü durumlarda bu emisyon yarıya indirilebilmektedir. Bu bulgular, kontrol önlemlerinin uygulanmasının, çevresel kirliliğin azaltılmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Hazır beton tesislerinde uygulanan toz kontrolüne yönelik yönetmelikler arasında, 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" öne çıkmaktadır. Bu yönetmelik, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak amacıyla hava kalitesi hedeflerini

tanımlar ve oluşturur. Ayrıca, hava kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılacak metotları ve kriterleri belirler, hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi için gerekli önlemleri açıklar ve halkın bilgilendirilmesini sağlar **[ResGaz 4].**

Bir diğer önemli düzenleme ise, 03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" dir. Bu yönetmelik, sanayi ve enerji üretim tesislerinden atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almayı amaçlar. İnsanları ve çevreyi bu kirleticilerin zararlı etkilerinden korumak, hava kirliliği sebebiyle ortaya çıkan olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin oluşmasını engellemek için usul ve esasları belirler **[ResGaz 3].**

Hazır beton tesislerinde toz kontrolüne yönelik alınacak önlemler kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Bu önlemler, tesisin inşaat aşamasından itibaren başlayan ve tüm operasyon süresince devam eden çeşitli yöntemleri kapsamaktadır. Tesislerin toz emisyonlarını azaltmak amacıyla uygulayacağı yöntemler, hem yasal düzenlemelere uyum sağlamak hem de çevre ve insan sağlığını korumak adına büyük önem taşır.

Toz kontrolüne yönelik alınacak önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- Tesis İnşaatı Sırasında Rüzgar Yönü: Tesisin inşaatı sırasında hakim rüzgar yönü dikkate alınarak, tozun yayılımını en aza indirecek şekilde tasarım yapılmalıdır **[Coşgun ve Esin, 2006].**

- Rüzgar Engelleyici Bitki Duvarı: Deneysel araştırmalar, 10 metre aralıklarla yerleştirilen ağaçların, özellikle rüzgarın dik açıyla estiği durumlarda toz oluşumunu %19 ila %22 oranında azalttığını göstermiştir **[Taleb ve Kayed, 2021].** Bu bulgu, hazır beton üretim tesislerinin bitki duvarlarıyla **(Şekil 3.8)** çevrelenmesinin, tesis içindeki tozlanmayı azaltmak için etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bitki duvarlarının bu şekilde kullanımı, çevresel sürdürülebilirliği artırmaya yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Şekil 3.8. Rüzgar engelleyici bitki duvarı **(Z. Turan arşivi).**

- Tesis içi yollar: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKHKKY) göre, tesis içi yolların düzenli olarak temizlenmesi ve toz oluşumunu önlemek amacıyla sulama **(Şekil 3.9.)** ve süpürme gibi işlemlerle gerekli tüm önlemlerin alınması gereklidir. Ayrıca, tesis içi yolların asfalt veya beton gibi uygun malzemelerle kaplanması gerekmektedir **[ResGaz 3].**

Şekil 3.9. Tesis içi yolların sulanması örneği **(Z. Turan arşivi).**

- Hammadde depolama: Tane boyutu 1 mm ile 5 mm arasında olan hammaddelerin doldurma ve taşıma işlemleri sırasında toz emisyonunu önlemek amacıyla kimyasal toz bastırma sistemleri veya pülverize su sistemlerinin kullanımı önerilmektedir Çapı 1 mm'den küçük maddeler kapalı alanlarda

depolanmalıdır **[ResGaz 3].** Kapalı depolama alanı ve bu alanda kullanılan pülverize su sistemlerine ilişkin bir örnek, **Şekil 3.10**'da sunulmuştur.

Hammaddelerin açıkta depolandığı durumlarda ise aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir;

- Tesisin çevresi, rüzgarın etkisini azaltacak şekilde (örneğin, rüzgar kesici levhalar, bitki örtüsü duvarları veya yüksek duvarlar) çevrelenmeli,
- Konveyörler ve diğer taşıyıcıların yanı sıra, bu sistemlerin malzemeyi boşalttığı bağlantı noktalarının üstü kapatılmalı,
- Hammaddelerin boşaltılması ve doldurulması sırasında savurma yapılmamalı, döküm yükseklikleri minimumda tutulmalı ve oluşan herhangi bir dökülme derhal temizlenmeli,
- Dışarıda depolanan malzemelerin üzeri, naylon branda ile veya tane büyüklüğü 10 mm'den fazla olan maddelerle kapatılmalı,
- Depolanan malzemenin üst tabakası en az %10 nemlendirilmeli, bu nem seviyesini korumak amacıyla gerekli sistem kurulmalıdır **[ResGaz 3; ERMCO, 1996].**

Şekil 3.10. Kapalı depolama alanında pülverize su sistemi kullanımı **(Z. Turan arşivi).**

- <u>Çimento Siloları:</u> Çimento silolarında partikül kaçışını engellemek amacıyla filtre sistemlerinin kullanılmalıdır. Söz konusu düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. Filtrelerin boşaltılması ve temizlenmesi işlemleri, kapalı

alanlarda gerçekleştirilmelidir ve bu süreçte toz emisyonunu en aza indirmek amacıyla nemlendirme yapılmalıdır. Ayrıca, çimento silolarının aşırı doldurulma riskine karşı önlem olarak uyarı sistemleri (alarmlar) kullanılmalıdır **[Coşgun ve Esin, 2006; ERMCO, 1996; ResGaz 1].**

- Taşıma Bantları: Taşıma bantlarının ve diğer taşıma araçlarının üzerinin kapatılması, toz emisyonunu azaltmada oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Üzeri kapalı taşıyıcı bantlar **(Şekil 3.11),** taşınan malzemenin bant üzerinden dışarıya çıkışını engelleyerek toz oluşumunu ve yayılımını önemli ölçüde azaltır **[Coşgun ve Esin, 2006; ResGaz 1].**

Şekil 3.11. Üzeri kapalı taşıma bantı **[Web 18, 2024].**

- Tekerlek Yıkama: Tesisten çıkan mikser, kamyon, iş makinası veya özel araçların tekerlekleri, beton çamuru, toz veya benzeri maddeleri dış ortama taşımamaları için yıkama ünitesinde mutlaka yıkanmalıdır **[Oyak, 2023].** Ayrıca, tesis çevresindeki yolların düzenli aralıklarla arazöz kullanılarak yıkanması, tesis içinde oluşan tozun çevreye yayılmasını engelleyen bir diğer önemli önlem olarak değerlendirilebilir.

- Savurma Yapmadan Yükleme Boşaltma: Toz oluşumuna yol açabilecek malzemelerin, savrulmayı önlemek amacıyla düşük bir yükseklikten dikkatlice yüklenmesi ve boşaltılması gerekmektedir **[Yeşilyurt, 2023; ERMCO, 1996]**

- Toz Ölçüm Cihazı: Tesis içerisinde oluşan toz emisyonunu gözlemleyebilmek için tesisin belirli noktalarına toz ölçüm cihazı kurulmalıdır **(Şekil 3.12).**

Şekil 3.12. Toz ölçüm cihazı **(Z. Turan arşivi).**

Tüm bu önlemler, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda toz kontrolü, yalnızca hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda insan sağlığını da korur.

3.3.2. Gürültü Kirliliği

Hazır beton üretim tesislerinde kullanılan makineler ve araçlar, yüksek düzeyde gürültü kirliliği oluşturur. Bu gürültü, hem tesis çalışanları hem de çevrede yaşayan insanlar üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Özellikle yerleşim alanlarına yakın tesislerde, gürültü kirliliği ciddi bir sorun haline gelebilir.

Gürültü kirliliği, üretim sürecinin hemen hemen her aşamasında kendini gösterir. Özellikle taş kırma makineleri, beton pompaları ve transmikserler gibi ağır makineler, yüksek ses seviyelerinde çalışır. Bu makinelerin sürekli olarak çalışması, tesis içerisinde yoğun bir gürültü ortamı yaratır. Tesis içerisinde oluşan gürültüye uzun süre maruz kalmak, işitme kaybı ve diğer sağlık problemlerine yol açabilir. Ayrıca, bu tür gürültü, çalışanların dikkatini dağıtarak iş kazalarına da zemin hazırlayabilir. Bu nedenle, gürültüden kaynaklanan risklerin minimize edilmesi için çeşitli önlemler alınması büyük önem taşır **[ResGaz 5; ResGaz 6; Karki vd., 2024].** Gürültü kirliliği

sadece çalışanları etkilemekle kalmaz, aynı zamanda tesisin çevresinde yaşayan insanlar üzerinde de olumsuz etkiler bırakır. Özellikle gece saatlerinde çalışan beton santrallerinde, bu gürültü çevredeki sakinlerin uykusuzluk, kardiyovasküler hastalıklar ve diğer sağlık sorunları yaşamasına sebep olabilir **[Karki vd. 2024].** Hazır beton üretim tesislerinde oluşan gürültü, yalnızca işitme ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmakla kalmaz, aynı zamanda bu süreçlerde meydana gelen titreşimler de önemli bir sorun teşkil etmektedir **[ResGaz 6].**

Sonuç olarak, hazır beton üretim tesislerinde gürültü kirliliği, hem iş sağlığı hem de çevresel faktörler açısından ciddi bir sorun teşkil eder. Bu nedenle, bu tür tesislerde gürültüye neden olan kaynakların belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması, hem çalışanların hem de çevre sakinlerinin sağlığını koruma açısından büyük önem taşır.

Hazır beton üretim tesislerinde oluşan gürültünün seviyeleri "Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu ile İlgili Yönetmeliğin" **[ResGaz 5]** 5. maddesinde verilen tabloda **(Tablo 3.3.)** tanımlanan motor gücü seviyelerine göre verilen formüller yardımıyla bulunmaktadır **[Hür, 2023].** Bu tabloda, üretim tesislerinde kullanılan makine ve ekipmanların gürültü seviyeleri verilmiştir. Tesiste bulunan makine ve ekipmanların adetlerine göre ilgili formüller kullanılarak, hazır beton üretim tesislerinde oluşan toplam gürültü seviyesi hesaplanmaktadır.

Tablo 3.3. Makine – ekipman güçlerine bağlı gürültü seviyeleri **[ResGaz 5].**

Teçhizatın tipi	**Net kurulu güç P (kW), Elektrik gücü P_{el} ([1]) (kW), Uygulama kütlesi m (kg), Kesme genişliği L (cm)**	**Müsaade edilen ses gücü seviyesi dB/1 pW**	
		3 Temmuz 2004'den itibaren I. Safha	3 Ocak 2006'dan itibaren II. Safha
Sıkıştırma makineleri (titreşimli silindirler, titreştirici levhalar, titreşimli çekiçler)	P ≤ 8	108	105([2])
	8 < P ≤ 70	109	106([2])
	P > 70	89 + 11 log P	86 + 11 log P([2])
Paletli dozerler, paletli yükleyiciler, paletli kazıcı yükleyiciler	P ≤ 55	106	103([2])
	P > 55	87 + 11 log P	84 + 11 log P([2])
Tekerlekli dozerler, tekerlekli yükleyiciler, tekerlekli kazıcı-yükleyiciler, damperli kamyonlar, greyderler, yükleyici tipli toprak doldurmalı sıkıştırıcılar, içten yanmalı motor tahrikli karşı ağırlıklı hidrolik kaldırmalı kamyonlar, hareketli vinçler, sıkıştırma makineleri (titreşimsiz silindirler), kaldırım perdah makineleri, hidrolik güç oluşturma makineleri	P ≤ 55	104	101([2])([3])
	P > 55	85 + 11 log P	82 + 11 log P([2])([3])
Kazıcılar, eşya taşımak için yük asansörleri, yapı (konstrüksiyon) vinçleri, motorlu çapalama makineleri	P ≤ 15	96	93
	P > 15	83 + 11 log P	80 + 11 log P
Elle tutulan beton kırıcıları ve deliciler	m ≤ 15	107	105
	15< m < 30	94 + 11 log m	92 + 11 log m(2)
	m ≥ 30	96 + 11 log m	94 + 11 log m
Kule vinçleri		98 + log P	96 + log P
Kaynak ve güç jeneratörleri	Pel ≤ 2	97 + log Pel	95 + log Pel
	2 < Pel ≤ 10	98 + log Pel	96 + log Pel
	Pel > 10	97 + log Pel	95 + log Pel
Kompresörler	P ≤ 15	99	97
	P > 15	97 + 2 log P	95 + 2 log P
Çim biçme makineleri, çim düzeltme/çim kenar düzeltme makineleri	L ≤ 50	96	94(2)
	50< L ≤ 70	100	98
	70< L ≤ 120	100	98(2)
	L > 120	105	103(2)

Tablo 3.3. Devamı.

(1) Kaynak jeneratörleri için Pel : İmalatçı tarafından verilen faktörün en küçük değeri için bilinen yük gerilimi ile çarpılan klasik kaynak akımı. Güç jeneratörleri için Pel : ISO 8528-1: 1993 standardının madde 13. 3. 2'sine göre ana güç. (2) II. Safhaya ait değerler aşağıdaki ekipman tipleri için tamamen örnek niteliğindedir: - arkasından yürünen titreşimli silindirler, - titreşimli plakalar (> 3 kW) - titreşimli çekiçler - dozerler (çelik raylı) - yükleyiciler (çelik raylı > 55 kW) - içten yanmalı motorla çalışan karşı ağırlıklı hidrolik kaldırmalı kamyonlar - sıkıştırma parçalı kaldırım perdah makineleri - elle tutulan içten yanmalı motorlu beton kırıcılar ve kazmalar (15 < m < 30) - çim biçme makineleri, çim düzeltme makineleri / çim kenar düzeltme makineleri Kesin değerler, Komisyonun yapacağı değişikliklere bağlı olacaktır. Böyle bir tadilat olmaması durumunda I. Safhaya ait değerler II. Safha için geçerli olmaya devam edecektir. (3) Tek motorlu seyyar vinçler için, I. Safhaya ait değerler 3 Ocak 2008 tarihine kadar geçerli olmaya devam edecektir. Bu tarihten sonra II. Safha değerleri geçerli olacaktır. İzin verilen ses gücü seviyesi en yakın tamsayıya yuvarlanmalıdır (0,5'ten küçükler için küçük sayı, 0,5'e eşit veya büyükler için büyük sayı kullanılır).

Örneğin, motor gücü 295 kW olan bir transmikserden kaynaklanan gürültü seviyesi, 82 + 11Log(295) formülü ile hesaplanmakta olup, bu durumda ortaya çıkan gürültü seviyesi 109,17 dB olarak tespit edilmektedir. Hesaplanan bu 109,17 dB gürültü seviyesi, tesis içindeki gürültüyü temsil etmektedir. Gürültü seviyesi, tesisten uzaklaştıkça azalma eğilimi gösterdiğinden, bu değerin gürültü kontrol standartlarına uygun olduğu söylenebilir.

Tabloda sunulan verilerin kapsamlı analizi sonucunda, hazır beton üretim tesislerinde oluşan gürültü seviyesinin çeşitli etkenlere bağlı olduğu söylenebilir. Bu etkenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Üretim kapasitesi
- Kullanılan makine, ekipmanın ve araçların motor gücü
- Tesiste kullanılan araç sayısı (transmikser, yükleyici (loader) ve beton pompası gibi)

Hazır beton üretim tesislerinde çevresel etkilerin azaltılması amacıyla alınan önlemlerden biri de gürültü kontrolüdür. Tesislerin kurulum aşamasında hazırlanan proje tanıtım dosyasında, gürültü düzeyinin en yakın konuta olan mesafeye göre belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlendirme, çevresel gürültünün minimum düzeyde tutulması ve çevrede yaşayan insanların rahatsız edilmemesi için büyük önem taşır. Tesise en yakın konuta gündüz ulaşan sesin 65 dB'nin altında olması zorunludur

[ResGaz 6]. Bu nedenle, hazır beton üretim santralleri genellikle sanayi bölgelerinde veya şehir merkezine uzak yerlerde kurulmaktadır.

Gürültüyü önlemeye yönelik yönetmelikler, tesislerin faaliyetlerini düzenlerken dikkate alınması gereken yasal çerçeveyi oluşturur. Bu yönetmeliklerden biri, 30.12.2006 tarih ve 26392 sayılı "Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik"tir. Bu yönetmeliğin amacı, insan sağlığının korunması ve iç pazarın düzgün işleyişine katkıda bulunmak üzere, açık alanda kullanılan teçhizatın yarattığı gürültüye ilişkin emisyon standartlarının uygulanmasını sağlamaktır. Yönetmelik, teknik belgeler ve bilgilerin toplanması, uygunluk değerlendirme prosedürleri ve işaretleme ile ilgili usul ve esasları belirler **[ResGaz 5].**

Bir diğer önemli düzenleme ise, 30.11.2022 tarih ve 32029 sayılı Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliğidir. Bu yönetmeliğin amacı, çevresel gürültünün çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi, gürültü haritaları ve gürültü eylem planlarının hazırlanmasıdır. Ayrıca, çevresel gürültünün azaltılması için gürültü kontrol tedbirlerinin uygulanması ve çevresel gürültü yönetimi çalışmaları hakkında kamuoyunun bilgilendirilmesini sağlar **[ResGaz 6].**

Hazır beton tesislerinde gürültü kontrolüne yönelik alınacak önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- <u>İş Makinelerinin Rutin Kontrolleri:</u> Proje kapsamında kullanılacak iş makinelerinin rutin kontrolleri zamanında yaptırılmalıdır **[Oyak, 2023; Hür, 2023].** Bu sayede, makinelerin gürültü seviyeleri minimumda tutulur.
- <u>Makine ve Ekipmanların Aynı Anda Çalıştırılmaması:</u> Proje alanı içerisinde kullanılacak makine ve ekipmanların aynı anda çalıştırılmamasına özen gösterilmelidir. Bu uygulama, gürültü seviyesinin düşürülmesine yardımcı olur **[Oyak, 2023; Hür, 2023].**
- <u>Makine ve Ekipmanlarda Susturucu Kullanımı:</u> Üretim sürecinde kullanılan makineler ve araçlara susturucu takılması, gürültü seviyesini düşürmeye yardımcı olur **[Coşgun ve Esin, 2006].**
- <u>Kişisel Koruyucu Ekipmanlar:</u> Gürültüye maruz kalınan ortamlarda çalışanların sağlığını koruyabilmek ve faaliyetin sürekliliğini sağlayabilmek için

başlık, kulaklık veya kulak tıkaçları gibi uygun kişisel koruyucu araç ve gereçler temin edilmelidir **(Şekil 3.13), [Oyak, 2023; Hur, 2023].**

Şekil 3.13. Gürültüye karşı koruyucu personel ekipmanları **[Web 19, 2024].**

- Makine Ekipmanlarının Gereksiz Çalıştırılmaması: Kullanılmayacak makine ve ekipmanlar gereksiz çalışır vaziyette bırakılmamalıdır. Bu, hem enerji tasarrufu sağlar hem de gürültü kirliliğini azaltır **[Oyak, 2023; Hür, 2023].**
- Makine Ekipmanlarının Yanında Uzun Süre Kalmama: Proje kapsamında çalışan personelin, makine ve ekipman yanında uzun süre kalmaması sağlanmalıdır. Bu, çalışanların maruz kaldığı gürültü seviyesini azaltır ve sağlıklarını korur **[Oyak, 2023; Hür, 2023].**
- Periyodik Ölçüm: Tesislerdeki gürültü seviyeleri düzenli aralıklarla ölçülmeli ve gürültü kontrol yönetmeliğinde belirtilen sınırların üzerinde olmamalıdır **[Coşgun ve Esin, 2006].**
- Tesis çevresinin ağaçlandırılması: Tesislerin çevresine ağaç ve çalıların dikilmesi, gürültü seviyesini düşürmek için etkili bir yöntemdir **[ERMCO, 1996].** Bu bitkisel bariyerler, ses dalgalarını emerek ve yönlendirerek, çevredeki hassas alanlarda gürültü kirliliğini azaltabilir.
- Agrega Dolum ve Boşaltımı: Agrega boşaltma sırasında düşme yüksekliğinin sınırlandırılması ile gürültü azaltılabilir. Ayrıca, oluklar ve tartılarda kauçuk kaplamalar ve süspansiyon sistemleri kullanılarak gürültü seviyeleri düşürülebilir **[ERMCO, 1996].**

Gürültü kontrolü, hazır beton tesislerinin çevresel etkilerini azaltmada önemli bir unsurdur. Bu önlemler, hem çalışanların sağlığını koruyarak iş verimliliğini artırır hem de çevrede yaşayan insanların yaşam kalitesini yükseltir. Gürültü kontrolü, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından da kritik bir rol oynar.

3.3.3. Toprak ve Su Kirliliği

Hazır beton üretim tesislerinde, üretim sürecinin farklı aşamalarında çeşitli türlerde atıklar meydana gelmektedir. Bu atıkların farklı kimyasal ve fiziksel bileşimlere sahip olması nedeniyle, kontrolsüz ve düzensiz bir şekilde bertaraf edilmeleri, çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi ve kalıcı olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Özellikle, toprak ve suya doğrudan veya dolaylı yollardan karışması, çevresel kirlilik açısından en önemli risk faktörlerinden birini teşkil etmektedir. Bu bağlamda toprak ve su kirliliği, bu atıkların en önemli çevresel etkilerinden biridir **[Çiftçi ve Beyhan, 2021].**

Hazır beton üretim tesislerinde ortaya çıkan atık kaynakları, çeşitli süreçlerden ve operasyonel aşamalardan kaynaklanmaktadır. Bu atık kaynakları arasında hatalı beton üretimi, müşteri tarafından iade edilen betonlar, numune alma ve test işlemlerinin ardından geriye kalan beton kalıntıları **(Şekil 3.14),** transmikserlerde boşaltılamayan veya tambur içinde kalan betonlar, üretim veya sevkiyat sırasında araçlar ve dolum ünitelerinde meydana gelen sızıntılar nedeniyle ortaya çıkan atıklar ve yol yüzey temizliği sırasında oluşan atıklar bulunmaktadır. Bu kaynaklardan meydana gelen atıklar ise taze beton atıkları, beton sedimentleri (dip çamuru) **(Şekil 3.15),** çeşitli işlemler sonucunda ortaya çıkan atıksular ve sertleşmiş beton atıkları **(Şekil 3.16)** olarak sıralanabilir **[Andac, 2016; Gür, 2022].**

Şekil 3.14. Numune alma ve test işlemlerinden kaynaklı beton kalıntıları **(Z. Turan arşivi).**

Şekil 3.15. Çöktürme havuzu dibinde biriken beton sedimenti (dip çamuru) **(Z. Turan arşivi).**

Şekil 3.16. Sertleşmiş beton atığı **(Z. Turan arşivi).**

Çeşitli nedenlerden dolayı atık oluşumu görülse de, beton üretim tesislerinde atıkların büyük bölümü, beton atıkları ve transmikserlerde boşaltılamayan beton kalıntılarından kaynaklanmaktadır. Beton atıkları, çeşitli sebeplerle inşaat sahasına dökülemeyip geri dönen betonlardan oluşmaktadır. Bu atıklar, transmikser içerisinde kalan ve boşaltılamayan beton atıklarının aksine, önlenebilir nitelikte olan atık türleridir **[Vieira ve diğerleri, 2019].** Yapılan bir araştırmaya göre, üretilen betonun yaklaşık %3'ünün hazır beton üretim tesisine geri döndüğü belirlenmiştir. Geri dönen bu betonun yaklaşık %1,6'sını transmikserden boşaltılamayan beton, %1,4'ünü ise üretim fazlası olarak kalan beton olduğu gözlemlenmiştir **[Vieira ve diğerleri, 2019].**

Beton atıkları, bileşimlerinde bulunan çimento ve kimyasal katkı maddeleri nedeniyle bırakıldıkları yerlerde toprak yapısını değiştirir ve yaşam alanlarını yok eder. Bu atıklar, toprağın kimyasal yapısını bozarak bitki örtüsüne ve toprakta yaşayan organizmalara zarar verir. Bu durum, çevresel değerlerin dengesizleşmesine ve dolayısıyla insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına neden olur **[Reçber, 2023; Coşgun vd., 2015; Coşgun ve Esin, 2006].**

Transmikserin içerisinde kalan betonun yalnızca yüksek basınçlı su ile yıkama yöntemiyle çıkarılabilmesi nedeniyle, transmikserlerin iç ve dış yüzeylerinin düzenli olarak yıkanması gerekmektedir. Bu süreçte yüksek miktarda su tüketimi gerçekleşmektedir. Ayrıca, temizlik işlemleri sırasında kullanılan suyun pH değeri 12'ye kadar yükselebilmektedir. Bu denli yüksek alkaliniteye sahip atık su, çevresel su kaynaklarına deşarj edildiğinde, doğal su kaynaklarının pH dengesini bozarak ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır **[Vieira vd., 2019; Coşgun vd., 2015].**

Hazır beton tesislerinde kullanılan kimyasal maddeler ve yakıt tanklarından sızmalar, toprak ve su kaynaklarını kirleten diğer bir etkendir **[Coşgun ve Esin, 2004].** Ayrıca tesislerde oluşabilecek çevresel kazalar da toprak ve su kirliliğine neden olabilmektedir. Örneğin, hazır beton santrallerinde yer alan çöktürme havuzlarının kapasitesinin yetersiz kalması, bu havuzlarda biriken suyun taşarak yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirletmesine yol açar. Çöktürme havuzu kapasitesinin yetersiz gelmesi sonucu havuzda oluşan taşma **şekil 3.17**'de görülmektedir. Bu durum, sık karşılaşılan çevresel bir kazadır **[Çiftçi ve Beyhan, 2021; Çiftçi, 20119].**

Şekil 3.17. Kapasitesi yetersiz kalmış çöktürme havuzu örneği **[Güner, 2018].**

Sonuç olarak, hazır beton üretim tesislerinden kaynaklanan toprak ve su kirliliği, çevresel ve insan sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir çevre yönetimi ve atık kontrolü stratejilerinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Toprak ve su kirliliğinin uzun vadeli etkileri, ekosistemlerin dengesini bozmakta ve insan sağlığı üzerinde kalıcı olumsuz etkiler yaratmaktadır.

Hazır beton üretim tesislerinde toprak ve su kirliliğinin önlenmesi için atık miktarının azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, su ve atık yönetimi süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Su yönetiminin temel hedefi, su tüketimini en aza indirirken su kirliliğini önlemek ve atık suyun çevreye zarar vermeden, yasal deşarj limitlerine uygun şekilde bertaraf edilmesini sağlamaktır. Atık yönetimi ise, üretim sürecinde kalan beton miktarını minimize etmek, geri kazanılabilir betonun değerlendirilmesini sağlamak ve geri dönüşümü mümkün olmayan malzemelerin çevreye zarar vermeden uygun yöntemlerle bertaraf edilmesini amaçlamaktadır **[Coşgun ve Esin, 2006].** Bu kapsamda, su ve atık yönetimi stratejilerinin entegre bir yaklaşımla ele alınması, çevresel etkilerin azaltılmasına ve sürdürülebilir üretim süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlarken, tesislerde bu amaçlara yönelik çeşitli yönetmelik ve düzenlemeler de uygulanmaktadır.

Bu kapsamda dikkate alınması gereken önemli yönetmeliklerden biri, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" dir. Bu yönetmeliğin amacı, ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi şekilde kullanımının sağlanması için su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma

hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli hukuki ve teknik esasları belirlemektir **[ResGaz 7].**

Toprak kirliliğine ilişkin önemli bir diğer düzenleme, 08.06.2010 tarih ve 27605 sayılı "Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik" tir. Bu yönetmeliğin amacı, toprağın kirlenmesinin önlenmesi, kirlenmenin mevcut olduğu veya olması muhtemel sahaları ve sektörleri tespit etmek, kirlenmiş toprakların ve sahaların temizlenmesi ve izlenmesi esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde belirlemektir **[ResGaz 8].** Bu bağlamda, atık su yönetimi, toprak kirleticisi unsurlar arasında önemli bir yer tutmaktadır.

Ayrıca, atık yönetimine ilişkin önemli düzenlemelerden biri de 12.07.2019 tarih ve 30829 sayılı Sıfır Atık Yönetmeliğidir. Bu yönetmeliğin amacı, atık oluşumunun önlenmesi ve azaltılması için gerekli hukuki ve teknik esasları belirlemektir **[ResGaz 9].**

Bir diğer önemli düzenleme ise, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Atık Yönetimi Yönetmeliğidir. Bu yönetmeliğin amacı, atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetimini sağlamak, atık oluşumunu azaltmak, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve geri kazanımı ile doğal kaynak kullanımını azaltmaktır **[ResGaz 10].** Yönetmelik, çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlere sahip ürünlerin üretimi, piyasa gözetimi ve denetimi ile ilgili genel usul ve esasları belirler. Bu çerçevede, üretim süreçlerinin her aşamasında atık yönetimi stratejileri uygulanmalı, atık miktarının minimize edilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi, geri dönüştürülebilir malzemelerin ayrıştırılması ve yeniden kullanılması, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar **[ResGaz 10].**

Tesislerde oluşan atık ve su yönetimine yönelik alınabilecek önlemler şunlardır:

- Beton Geri Dönüşüm Sistemi: Beton atıklarını geri dönüştürülmüş agrega olarak yeniden kullanmak, beton atıklarının azaltılması için etkili yöntemlerden biridir **[Tam, 2008].** Beton geri dönüşüm sistemleri, atık haldeki betonu öğüterek agrega formuna dönüştürmekte ve bu malzemeyi yeniden üretim sürecine dahil etmektedir **[Coşgun ve Esin, 2006].** Geri dönüşüm sistemiyle agrega haline getirilmiş atık betonun bir örneği **Şekil 3.18**'de gösterilmektedir. Beton geri dönüşüm uygulamaları, sadece atık miktarını

azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda atık sahalarına olan ihtiyacı da azaltarak hava ve gürültü kirliliğinin, gaz emisyonlarının ve enerji tüketiminin düşürülmesine katkı sağlamaktadır **[Zadeh vd., 2023].** Beton geri dönüşüm sistemlerinin sunduğu çok yönlü faydalar, bu sistemlerin hazır beton üretim tesislerinde bulunmasını önemli kılmaktadır.

Şekil 3. 18. Geri dönüştürülmüş beton agregası **(Z. Turan arşivi).**

Atık betonlar, yalnızca geri dönüştürülmüş agrega olarak değil, aynı zamanda terrazzo gibi çeşitli üretim süreçlerinde de yeniden değerlendirilebilir. Bunun yanı sıra, kullanılmayan veya fazla betonun, beton bazlı ürünlerin üretiminde kullanılması, üretim tesislerinin zemin kaplamasında değerlendirilmesi veya belirli alanlara boşaltılarak kırılması suretiyle dolgu veya temel malzemesi olarak kullanılması da mümkündür **[ERMCO, 1996].**

- Beton Miktarının Doğru Hesaplanması: Gerekli beton miktarının doğru hesaplanması ile atık beton oluşumu önlenebilir **[Coşgun ve Esin, 2006].**

- Ekolojik Kapak Kullanımı: İnşaat alanına taşınırken betonun yollara dökülmesini önlemek için transmikserlerin arkasına ekolojik kapaklar **(Şekil 3.19)** takılmalıdır **[Coşgun ve Esin, 2006].**

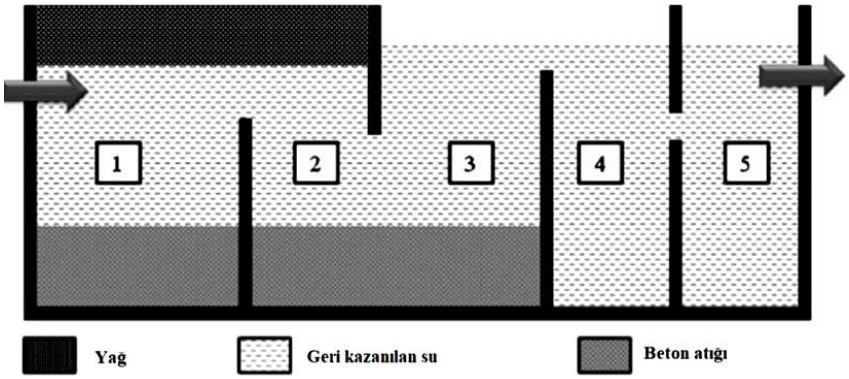
Şekil 3.19. Ekolojik kapak **[Betamix, 2023].**

• Çöktürme Havuzu Kullanımı: Hazır beton üretim tesislerinde su tüketiminin yüksek seviyelerde olması nedeniyle, tesis içerisinde oluşan atık suyun geri kazanımı ve yeniden kullanımı sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Tesis bünyesinde yer alan su kanalları **(Şekil 3.20)** aracılığıyla, saha yıkama işlemlerinden, transmikser yıkamalarından ve yağmur sularından kaynaklanan atık sular, "çöktürme havuzu" olarak adlandırılan özel bir havuzda toplanmakta ve bu havuzda arıtılan su tekrar kullanılabilmektedir **[Karadayı ve Coşgun 2021].**

Şekil 3.20. Tesis içi su kanalları **(Z. Turan arşivi).**

Atık su çöktürme havuzu **(Şekil 3.21),** beton üretimi sırasında oluşan atık suyun tamamının dinlendirilerek içerisindeki askıda katı maddelerin (AKM) çöktürülmesi ve üstteki duru suyun geri devirle mikserlere ve/veya üretime tekrar verilmesi işlemidir **(Şekil 3.22).** Bu havuzlar, atık suyun çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi ve suyun yeniden kullanımını sağlayarak su kaynaklarının korunmasına önemli katkılar sunar **[Oyak, 2023].** Çöktürme havuzu dibinde biriken beton sedimentlerinin (dip çamuru) ise ilgili yönetmeliğe uygun olarak bertarafı sağlanmalıdır **[Hür, 2023].**

Şekil 3.21. Çöktürme havuzu örneği **(Z. Turan arşivi).**



Şekil 3.22. Hazır beton yıkama suları için tipik birçok gözlü seri bağlı çöktürme havuz sistemi **[Gür, 2022].**

Geri dönüştürülmüş suyun optimum kullanımı ve atık yönetiminin dikkatli bir şekilde yapılması, su bertarafı sorununu önemli ölçüde azaltabilir **[ERMCO,**

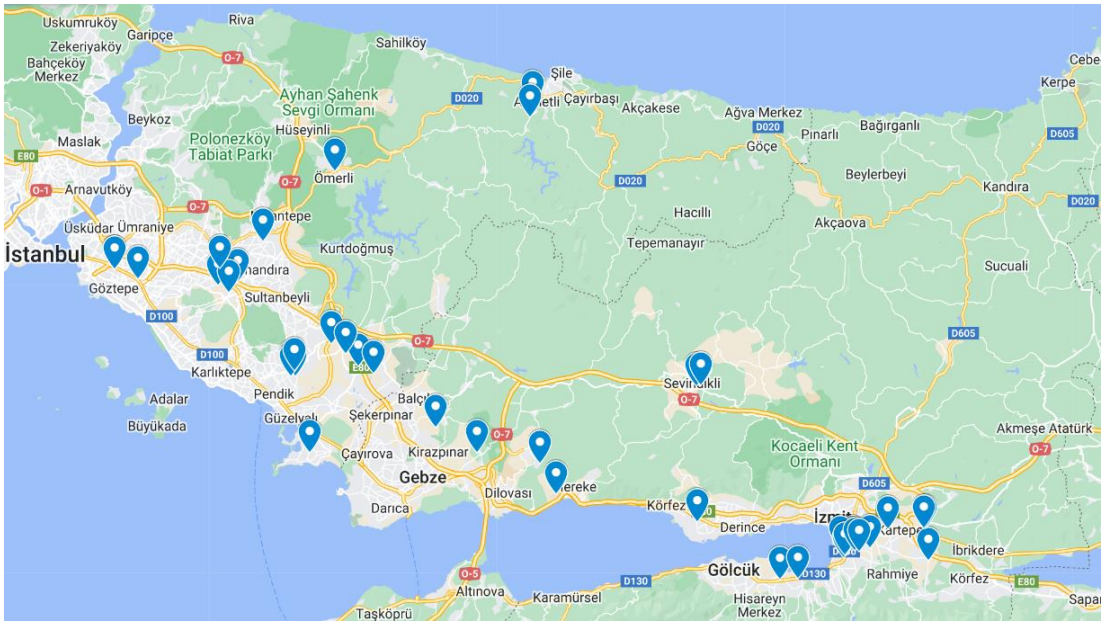
1996]. Doğru ve etkin su yönetimi uygulamaları, hem çevrenin korunmasını sağlar hem de su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunur.

- Deşarj Kontrolü: Atık suyun kanalizasyon sistemine veya çevreye deşarj edilmeden önce gerekli kontroller yapılmalıdır. Bu kontroller, su numunelerinin analiz edilmesi ve kirleticilerin mevzuata uygun olup olmadığının belirlenmesi yoluyla gerçekleştirilir **[ResGaz 7; ERMCO, 1996].** Bu, suyun kirleticilerden arındırılmasını ve deşarj limitlerine uygun hale getirilmesini sağlamaktadır.

4. ALAN ÇALIŞMASI: HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLARIN ANALİZİ

Hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemler, Çevre Mevzuatında yer alan yasalar ve yönetmelikler, THBB ve ERMCO yayınları tarafından belirlenmiştir. Bu çalışmada, mevcut durumda hazır beton üretim tesislerinde uygulanan çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımların uygulanma düzeyini belirlemek amacıyla alan çalışması yapılmıştır.

THBB'nin 2023 yılı verilerine göre, Türkiye genelinde toplam 1.150 hazır beton üretim tesisi bulunmakta olup, bu tesislerin önemli bir kısmı Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır **[THBB, 2024].** Bu nedenle çalışma, Marmara Bölgesi'nde yoğunlaşan hazır beton üretim tesislerinden Kocaeli ve İstanbul (Anadolu Yakası) illerindeki tesisleri kapsayacak şekilde planlanmıştır. Çalışma kapsamında, 31 firmaya ait toplam 41 hazır beton üretim tesisi incelenmiştir. İncelenen tesislerin tamamı sabit hazır beton tesisi olup, tesislerin 20'si İstanbul'da, 21'i ise Kocaeli'de yer almaktadır. Tesislerin harita üzerindeki dağılımı ise **Şekil 4.1**'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Tesis dağılım haritası.

Çalışma kapsamında incelenen tesislerde, Çevre Mevzuatı, THBB ve ERMCO yayınları doğrultusunda hazırlanmış sorular ile anket çalışması yapılmıştır. Anket

toplam 33 soru ve iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tesis hakkında genel bilgi edinmeyi amaçlayan toplam yedi soru bulunmaktadır. Bu sorular, tesisin adı, iletişim bilgileri, bulunduğu il, yıllık üretim kapasitesi ve kullanılan hammadde türleri gibi bilgileri kapsamaktadır. İkinci bölümde ise, çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımların uygulanıp uygulanmadığını sorgulayan toplam 26 soru yer almaktadır. Anket çalışması soruları **Ek-A**'da sonuçları ise **Ek-B**, **Tablo B1.1**'de verilmiştir. Anket çalışmasının yanı sıra incelenen tesislerde, saha incelemeleri ve yerinde gözlemler de gerçekleştirilmiştir. Anket bulgularına ek olarak gözlemsel veriler de değerlendirmeye dahil edilmiştir.

Çalışmanın bu bölümde, yapılan alan çalışması kapsamında gerçekleştirilen anket ve yerinde incelemelerin sonuçları değerlendirilmiştir. Anket çalışması, doğrudan tesis yetkililerinden bilgi alınarak gerçekleştirilmiş olup, beyanların doğruluğunu teyit etmek amacıyla herhangi bir resmi evrak talep edilmemiştir. Anket sonuçlarının yalnızca yetkili beyanlarına dayanması, çalışmanın sonuçları üzerinde bu beyanların etkisinin dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Çalışma kapsamında incelen her bir tesis, Tesis 1 (T1), Tesis 2 (T2) gibi bir kodlama sistemi ile isimlendirilmiştir. İncelenen tesislerin üretim kapasiteleri, yaklaşık olarak 25.000 m^3/yıl ile 900.000 m^3/yıl arasında değişmekte olup, bu tesislerin ortalama kapasitesi 265.000 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır.

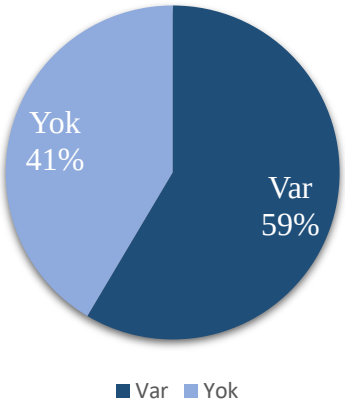
4.1. Tesislere İlişkin Genel Bilgilerin Analizi

THBB üyeliği, çevre mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti alınması ve personellere düzenli olarak çevre eğitimleri verilmesi, hazır beton üretim tesislerinde çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik uygulanan en etkili yaklaşımlar arasında yer almaktadır. THBB, düzenli denetimlerle üye tesisleri kontrol etmekte ve bu sayede çevre mevzuatına uyumu sağlamak amacıyla daha sıkı bir denetim mekanizması uygulamaktadır. Bu durum, THBB üyesi olan tesislerin, üye olmayan tesislere kıyasla daha fazla denetime tabi tutulmalarını ve daha kontrollü bir üretim süreci gerçekleştirmelerini sağlamaktadır. Benzer şekilde, çevre mühendisi istihdam edilmesi veya çevre danışmanlık hizmeti alınması, çevre yönetimi süreçlerinin daha etkin bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunmaktadır. Bu hizmetler, personellere düzenli olarak çevre eğitimleri verilmesi gibi uygulamalarla birlikte tesislerin çevre bilinciyle

hareket etmelerini teşvik eden önemli faktörlerdir. Ayrıca, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ve ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü) belgelerine sahip olmak, tesislerin belirli çevresel ve kalite standartlarını karşıladığını göstermekte ve bu nedenle çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımlar kapsamında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında, söz konusu yaklaşımların tesislerde ne düzeyde uygulandığı incelenmiştir ve bulgular aşağıda sunulmuştur.

THBB Üyeliği Analizi

2024 yılında gerçekleştirilen anket çalışmasına katılan 41 tesisin 24'ü THBB üyesi iken diğer 17' si THBB üyesi değildir. Tesislerin THBB üyelik oranları **Şekil 4.2**'te verilmiştir.

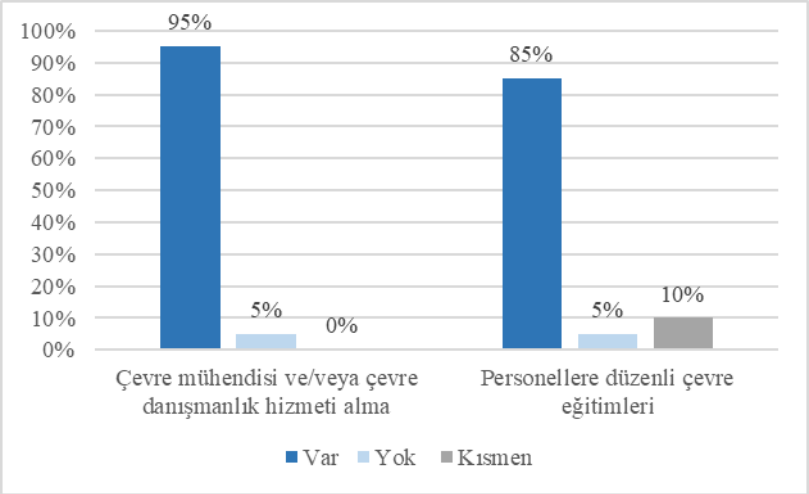


Şekil 4.2. Tesislerin THBB üyelik oranı.

Çevre Mühendisi ve/veya Çevre Danışmanlık Hizmeti ve Personellere Düzenli Çevre Eğitimi Analizi

Çalışma kapsamında incelenen 41 tesisten 39'unun çevre mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti aldığı, buna karşın diğer iki tesiste bu hizmetlerin alınmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, tesislerin çevresel sorumluluklarını yerine getirme konusunda büyük oranda profesyonel destek aldığını göstermektedir. Çevre mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti almayan iki tesiste personellere çevre eğitimleri de verilmediği tespit edilmiştir. Çalışmaya katılan 35 tesisin personellerine düzenli olarak çevre eğitimleri verilmekte ve kalan dört tesisin personellerine düzenli aralıklarla olmamakla birlikte kısmen çevre eğitimi verildiği tespit edilmiştir. Tesislerde çevre

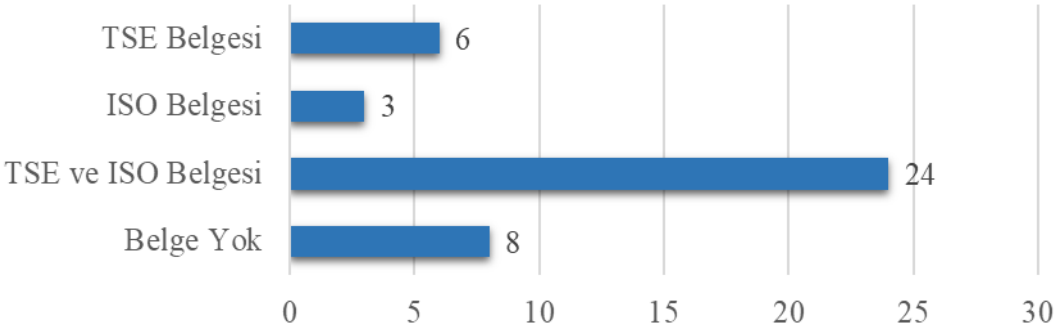
mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti alma ve personellere düzenli aralıklarla çevre eğitimleri verilme oranları **şekil 4.3**'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Tesislerde çevre mühendisi ve/veya çevre danışmanlık hizmeti alma ve personellere düzenli aralıklarla çevre eğitimleri verilme oranları.

TSE Belgesi ve ISO Belgeleri Analizi

İncelenen 41 tesisin 30'unda TSE belgesi, 27'sinde ise ISO belgelerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Hem TSE hem de ISO belgesine sahip tesis sayısı 24 iken, her iki belgenin de bulunmadığı tesis sayısı 8 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre, TSE ve ISO belgelerine sahip tesislerin oranı yaklaşık %59 olarak hesaplanmıştır. Tesislerde TSE ve ISO belgelerinin bulunma durumunu gösteren grafik **Şekil 4.4**'te sunulmuştur.



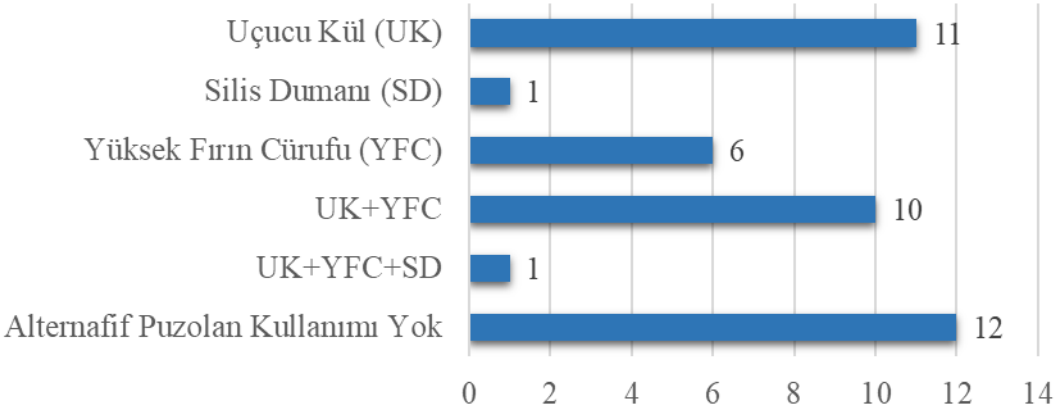
Şekil 4.4. Tesislerde TSE ve ISO Belgesi bulunma durumu.

4.2. Doğal Kaynak Kullanımı Analizi

Yapılan araştırmalar, doğal kaynak kullanımını azaltmak amacıyla sürdürülebilir madencilik uygulamalarının benimsenmesi, geri dönüştürülmüş yan ürünlerin çimento karışımlarında kullanılması, beton geri dönüşüm sistemlerinin entegrasyonu ve su geri dönüşüm sistemlerinin uygulanması gibi yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Alan çalışması kapsamında, geri dönüştürülmüş yan ürünlerin kullanımı, beton geri dönüşüm sistemleri ve su geri dönüşüm sistemleri incelenmiş; su geri dönüşüm sistemleri özelinde ise tesislerde çöktürme havuzunun bulunup bulunmadığına odaklanılmıştır. Beton geri dönüşüm sistemleri ve çöktürme havuzlarının, toprak ve su kirliliği ile de doğrudan ilişkili olması nedeniyle, bu yaklaşımlar toprak ve su kirliliği analizi bölümünde detaylı olarak ele alınacaktır. Bu bölümde ise, geri dönüştürülmüş yan ürünlerin kullanımı, özellikle alternatif puzolan kullanımına ilişkin analizler sunulmuştur.

Alternatif Puzolan Kullanım Analizi

Çalışmaya katılan 41 tesisten 12'sinde yalnızca çimento kullanımının olduğu tespit edilmiştir. Diğer 29 tesiste ise çimentoya ek olarak uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanı gibi alternatif puzolanların kullanıldığı belirlenmiştir. Detaylı analizler sonucunda, bu 29 tesisin 11'inde çimento ile birlikte uçucu kül, 10'unda çimento ile birlikte uçucu kül ve yüksek fırın cürufu, 6'sında ise çimento ile birlikte yüksek fırın cürufunun kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bir tesiste çimento ile silis dumanı, bir başka tesiste ise çimento ile birlikte uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve silis dumanının kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ancak, bir tesiste birden fazla alternatif puzolan kullanıldığında, bu malzemelerin tek bir karışımda mı kullanıldığı yoksa farklı kombinasyonlarla mı uygulandığına dair kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, söz konusu alternatif puzolanların kullanım oranlarına ilişkin tesislerden detaylı bilgi alınmamıştır. Çalışma, yalnızca geri dönüştürülerek üretilen alternatif puzolanların mevcut durumda tesislerde kullanılıp kullanılmadığını incelemeye odaklanmıştır. Tesislerde alternatif puzolan kullanımı ve kullanılan alternatif puzolanların dağılım grafiği **Şekil 4.5**'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Tesislerde kullanılan alternatif puzolanların dağılımı.

4.3. Enerji Tüketimi Analizi

Hammaddelerin, özellikle agrega ve çimento gibi malzemelerin, uzak mesafelerden temin edilmesi enerji tüketimini artırmaktadır **[Coşgun vd., 2015].** Bu malzemelerin genellikle kara yolu ile taşındığı göz önünde bulundurulduğunda, taşıma sırasında tozuma ve hava kirliliği oluşturma riski de mevcuttur **[ResGaz 3].** Bu durumun olumsuz çevresel etkileri bilinse de, enerji verimliliğini artırmak ve çevresel ayak izini azaltmak için çeşitli stratejiler uygulanabilir. Bu stratejilerin başında, hammaddelerin temin edildiği mesafelerin optimize edilmesi ve lojistik süreçlerde daha sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi gelmektedir. Bu bağlamda, çalışmaya katılan tesislerde, hazır betonun ana hammaddeleri olan çimento ve agregaların temin edildiği mesafenin detaylı olarak sorgulanmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında, mesafelerin yalnızca kara yolu ile taşınma mesafeleri olduğu vurgulanmalıdır; yani kuş uçuşu mesafelerden ziyade, gerçek ulaşım rotalarına dayalı veriler dikkate alınmıştır. Bu çerçevede, en uzak agrega temin mesafesi yaklaşık olarak 140 km iken, en uzak çimento temin mesafesi yaklaşık 240 km olarak tespit edilmiştir. Çalışmada ortalama hammadde temin mesafeleri de hesaplanmıştır. Buna göre, agrega için ortalama temin mesafesi yaklaşık **45 km,** çimento için ise yaklaşık **110 km** olarak belirlenmiştir.

4.4. Kirliliklerle İlgili Analizler

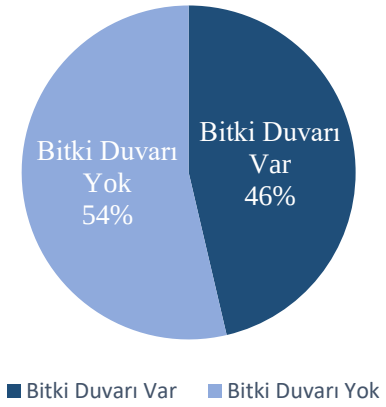
Bu bölümde, hazır beton üretim tesislerinden kaynaklanan kirlilikleri azaltmaya yönelik yaklaşımların uygulanma düzeyi üç başlık altında incelenmiştir: hava kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar, gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar ve toprak-su kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar. Her bir kirlilik türüne yönelik çevresel etkileri azaltıcı stratejilerin tesislerde ne ölçüde uygulandığı, yapılan anket çalışmasının sonuçları doğrultusunda değerlendirilmiştir.

4.4.1. Hava Kirliliği Analizi

Yapılan çalışmada, hazır beton üretim tesislerinde hava kirliliğini azaltmaya yönelik uygulanan yaklaşımlar arasından tesis içi ağaçlandırma, bitki duvarı oluşturma, tesis çevreleme yöntemleri, hâkim rüzgâr yönüne göre tesis yerleşimi, tesis içi sulama, savurma yapmadan doldurma boşatma, agrega depolama alanlarının düzenlenmesi, üzeri kapalı taşıyıcı bant kullanımı ve çimento silolarındaki filtrelerin düzenli olarak değiştirilme periyodu gibi önlemlerin uygulanma düzeyi incelenmiştir. Bunlara ek olarak, tesislerde emisyon izin belgesinin bulunup bulunmadığı da sorgulanmıştır. Emisyon izin belgesi, hava kirliliğini kontrol altına almak adına önemli bir yasal gereklilik olup, bu belgeye sahip olan tesislerde hava kirliliğinin belirli ölçüde azaltıldığı ve çevre mevzuatına daha sıkı uyum sağlandığı söylenebilir.

Tesis İçi Ağaçlandırma (Bitki Duvarı) Analizi

Ziyaret edilen tesislerde, çevresel etkilerin azaltılması ve toz kontrolünün sağlanması amacıyla bitki duvarı uygulamalarının kullanımı incelenmiştir. Çalışma kapsamında, 19 tesisin çevresinin bir bölümünün bitki duvarı ile çevrelendiği gözlemlenmiştir. Buna karşın, geriye kalan 22 tesiste bu tür bir ağaçlandırma uygulamasının mevcut olmadığı tespit edilmiştir. **Şekil 4.6**'da tesislerin bitki duvarı kullanım oranları verilmiştir.

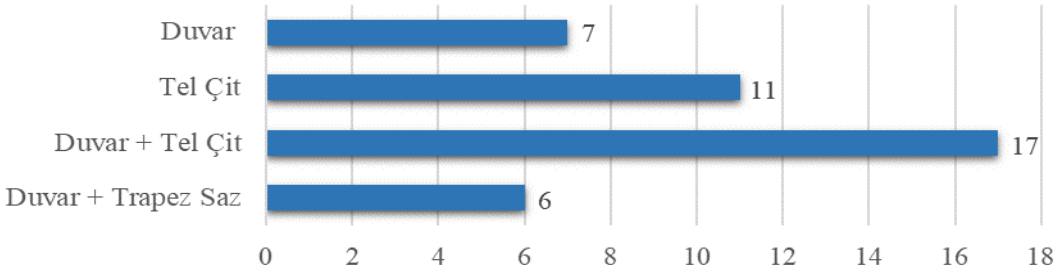


Şekil 4.6. Tesislerin bitki duvarı kullanım oranı.

Bitki duvarları, özellikle toz emilimi, gürültü azaltımı ve estetik görünüm açısından önemli avantajlar sunduğundan, çevresel etkilerin azaltılmasında etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, tesisler tarafından bu uygulamaların kullanımının yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bitki duvarlarının sadece belirli alanlarda değil, mümkün olduğunca tesislerin tamamını çevreleyecek şekilde uygulanması, hem çevresel sürdürülebilirliği artıracak hem de tesislerin çevreye olan olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltacaktır.

Tesis Çevreleme Yöntemleri Analizi

Çalışma kapsamında incelenen tesislerde, bitki duvarının yanı sıra tesisleri çevrelemek amacıyla farklı malzemelerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda, duvar, tel çit ve trapez sac gibi çeşitli çevreleme yöntemlerinin tercih edildiği tespit edilmiştir. İncelenen tesislerin 17'sinde çevreleme amacıyla hem duvar hem de tel çit kullanıldığı, 11 tesiste yalnızca tel çit, yedi tesiste yalnızca duvar, altı tesiste ise duvar ve trapez sac kombinasyonunun tercih edildiği belirlenmiştir. Tesislerin çevreleme yöntemlerinin dağılım grafiği **şekil 4.7**'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Tesislerde çevreleme yöntemleri.

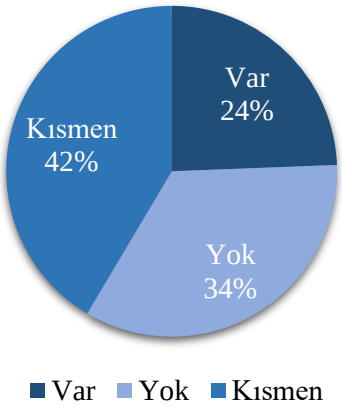
Tesis İçi Yol Kaplaması Analizi

Tesis içi yol kaplaması, tozumayı kontrol altına almak ve iş makinelerinin güvenli hareketini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, kaplama malzemesinin türü ve dayanıklılığı, tesisin çevresel etkilerini doğrudan etkileyen faktörler arasındadır.

Çalışmaya katılan 41 tesisin tamamında zemin kaplamasının beton olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bir tesiste zeminin bir kısmının asfalt ile kaplı olduğu, iki tesiste ise zeminde toprak olan alanların bulunduğu gözlemlenmiştir. Beton ve asfalt zemin kaplamalarının tesis içinde tozumanın minimize edilmesi için etkili bir çözüm sunduğu düşünülse de bu tür kaplamalar düzenli bakım ve onarım gerektirmektedir. Zeminde zamanla oluşan bozulmalar, özellikle yüksek tonajlı iş makinelerinin sürekli kullanımına bağlı olarak artmaktadır. Alan çalışması sırasında ziyaret edilen bazı tesislerde, beton veya asfalt zeminlerin hasar görmesi sonucunda yüzeyin kırıldığı ve küçük taş parçacıkları ile toz oluşumuna neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, zemin kaplaması ne kadar dayanıklı olursa olsun, düzenli bakım yapılmadığında tesis içinde tozuma probleminin ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Hâkim Rüzgâr Yönüne Göre Tesis Yerleşim Analizi

Çalışmaya katılan 41 tesisin 17'sinde yerleşim planlamasında hâkim rüzgâr yönünün kısmen dikkate alındığı, 14 tesiste bu faktörün göz önünde bulundurulmadığı, 10 tesiste ise tamamen dikkate alındığı belirlenmiştir. Hâkim rüzgâr yönüne göre tesis yerleşimi yapılıp yapılmadığını gösteren grafik **Şekil 4.8**'de sunulmuştur.

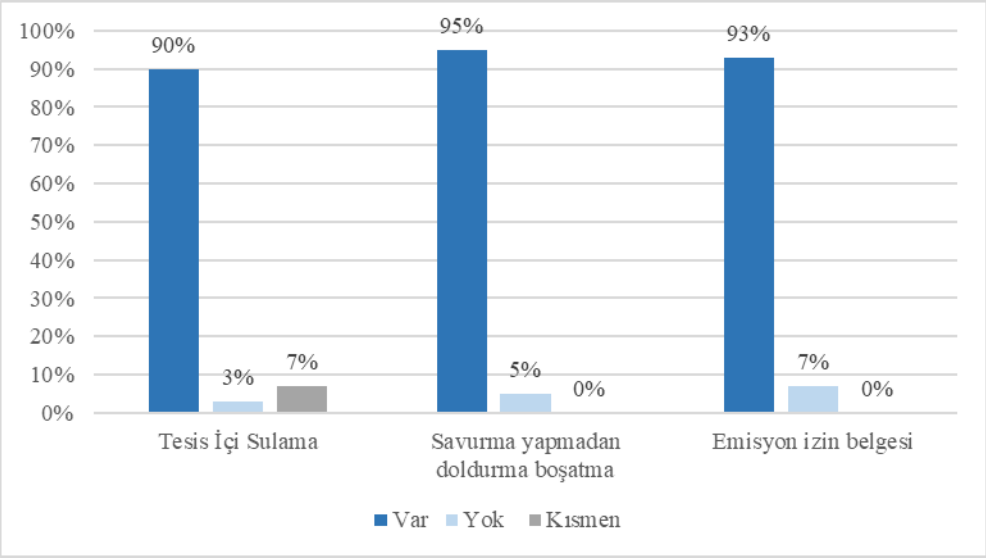


Şekil 4.8. Tesislerde hâkim rüzgâr yönüne göre yerleşim planlaması.

Tesis İçi Sulama ve Emisyon Analizi

İncelenen 41 tesisin 37'sinde düzenli aralıklarla sulama yapıldığı, üç tesisin kısmen düzenli sulama yaptığı ve bir tesiste ise sulama sisteminin bulunmadığı tespit edilmiştir. Sulama sisteminin düzenli kullanımı, tesislerde oluşan tozuma miktarını önemli ölçüde azaltarak hem çevreye verilen zararın hem de çalışanların maruz kaldığı hava kirliliğinin minimum seviyeye indirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, sulama sisteminin mevcut olması ve düzenli kullanımı, tozuma kaynaklı olumsuz etkilerin kontrol altına alınmasında etkin bir çözüm olarak görülmekte olup, tüm tesislerde dikkatle uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmaya katılan tesislerin 39'unda, hammaddelerin doldurulması ve boşaltılması sırasında savurma yapmadan, dikkatli ve bilinçli bir şekilde hareket edildiği tespit edilmiştir. Ancak iki tesisin bu duruma dikkat etmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte incelenen 41 tesisin 38'inde emisyon izin belgesinin bulunduğu tespit edilmiştir. Tesis içi sulama ve emisyon analizini gösteren grafik **Şekil 4.9**'da verilmiştir.



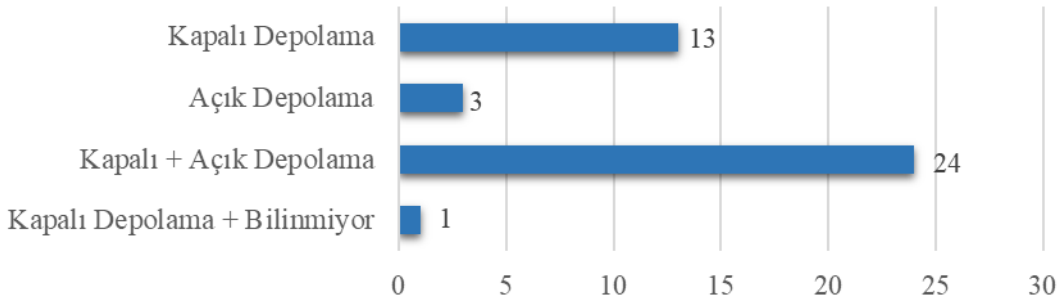
Şekil 4.9. Tesis içi sulama ve emisyon analizini.

Agrega Depolama Analizi

Çalışma kapsamında incelenen tesislerde stoklama koşulları önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Anket sonuçlarına göre, 41 tesisin 38'inde kapalı stok sahasının bulunduğu, üç tesiste ise bu alanın olmadığı belirlenmiştir. Ancak, saha ziyaretleri

sırasında bazı tesislerde kapalı stok sahalarının kapasitesinin yetersiz kaldığı durumlarda açık depolamanın tercih edildiği gözlemlenmiştir. İncelenen tesislerin 27'sinde açıkta malzeme depolaması yapıldığı tespit edilirken, bir tesis için açıkta depolama durumu bilinmemektedir. Açıkta depolama yapan tesislerde, açıkta depolanan malzemelerin hiçbirinde üzerinin branda ile örtülmediği de dikkat çekmiştir. Kapalı depolama ve açık depolama durumlarını gösteren grafikler **Şekil 4.10**'da sunulmuştur.

Açık depolamanın, malzemenin çevresel etkilere maruz kalmasına ve tozuma gibi olumsuz durumlara yol açabileceği göz önüne alındığında, bu durumun çevresel sürdürülebilirlik açısından olumsuz sonuçlar doğurabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle açık depolamanın kullanıldığı tesislerde, malzemelerin üzerinin örtülmemesi, çevreye yayılan toz miktarını artırarak hava kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, tesislerde depolama yöntemlerinin iyileştirilmesi ve çevre koruma önlemlerinin daha etkin bir şekilde uygulanması gereklidir.



Şekil 4.10. Tesislerdeki depolama durumu.

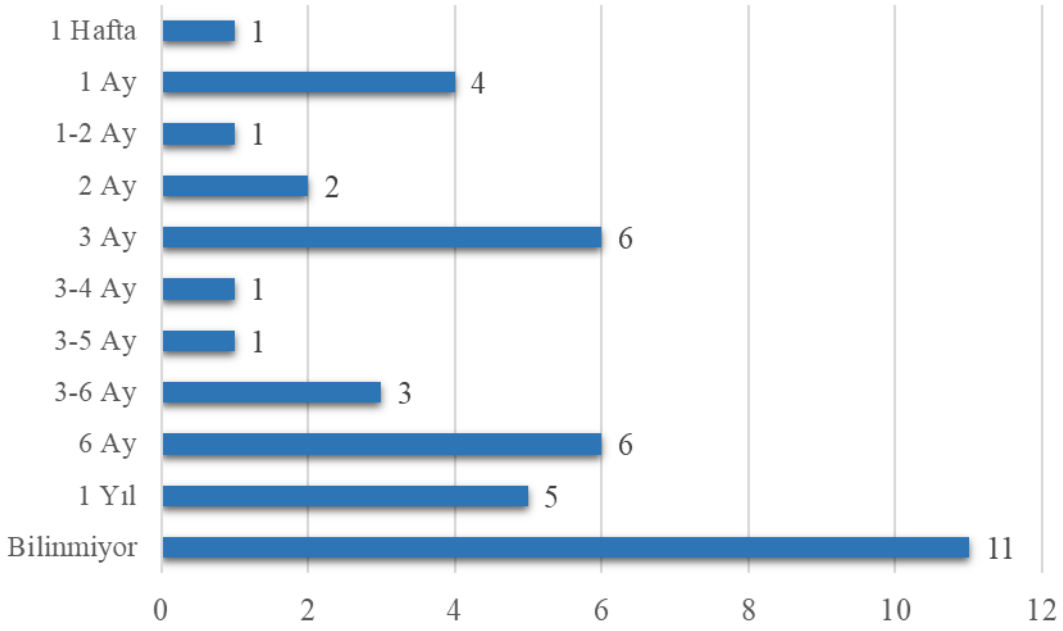
<u>Üzeri Kapalı Taşıyıcı Bant Analizi</u>

Çalışma kapsamında incelenen tesislerin tamamında, beton santralinde kullanılan taşıyıcı bantların üzerinin kapalı olduğu tespit edilmiştir.

<u>Çimento Silolarında Filtre Değişim Periyodu Analizi</u>

Yapılan anket çalışmasına göre, incelenen tesislerin 11'inde çimento silolarındaki filtre değişim periyodunun bilinmediği, diğer tesislerde ise farklı periyotlarla değişim yapıldığı tespit edilmiştir. Anket verilerine göre, altı tesiste üç ayda bir, altı tesiste altı ayda bir, beş tesiste yıllık, dört tesiste aylık, üç tesiste üç/altı ayda bir, iki tesiste iki ayda bir, bir tesiste üç/beş ayda bir, bir tesiste üç/dört ayda bir, bir tesiste bir/iki ayda

bir ve bir tesiste haftalık olarak filtrelerin değiştirildiği bilgisi alınmıştır. Söz konusu verilere ait detaylı grafik **Şekil 4.11**'de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Çimento silolarında bulunan filtrelerin değişim periyodu.

Çimento silolarında filtre değişimi genellikle 3-6 ayda bir yapıldığı göz önünde bulundurularak bu aralık, değerlendirme kriteri için sınır değer olarak kabul edilebilir **[Web 20, 2024].** Bu kriter temel alındığında, yapılan anket sonuçlarına göre 17 tesisin bu sınır değer içerisinde kaldığı görülmektedir. Ancak, beş tesisin filtre değişim periyodunun bu sınırın üzerinde olduğu, sekiz tesisin ise sınırın altında kaldığı belirlenmiştir. Filtre değişim periyodu bilinmeyen 11 tesisin ise bu değerlendirme dışında tutulduğu ifade edilmelidir.

4.4.2. Gürültü Kirliliği Analizi

Gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar arasında en önemlilerinden biri tesisin konumlandırılmasıdır. Yapılan çalışma kapsamında, tesislerin konumları ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra, çalışmada gürültü kirliliğini azaltmaya yönelik belirlenen diğer yaklaşımlardan olan iş makinelerinin rutin kontrollerinin yapılması, makine ve ekipmanların aynı anda çalıştırılmaması, makine ve ekipmanlarda susturucu kullanılması, kişisel koruyucu ekipmanların kullanılması,

makine ve ekipmanların gereksiz çalıştırılmaması ve makine ekipmanlarının yanında uzun süre kalmama yaklaşımları birlikte değerlendirilmiş ve gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar olarak nitelendirilmiştir.

Konum Analizi

Çevresel Gürültü Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği'ne göre en yakın konuta ulaşan sesin 65 dB'nin altında olması gerekmektedir. 65 dB, normal konuşma sesi yüksekliğinden olarak tanımlanmakta olup, bu durum göz önüne alındığında gürültünün sürekli olması yerleşim yeri sakinleri için rahatsız edici olabilir **[European Commission, 2008].** İncelenen ÇED Raporlarında, 12 adet transmikser, bir adet loader ve hazır beton santrali ünitesinin bulunduğu bir tesiste oluşan gürültü seviyesi 200 metreden sonra 65 dB'nin altına düştüğü görülmüştür **[Oyak, 2023].** Söz konusu örnek tesis göz önünde bulundurularak konum değerlendirmesinde kullanılan sınır mesafe değeri 200 metre olarak belirlenmiştir. Bu aşamada değerlendirme yapılırken civardaki okul ve hastane gibi hassas alanların mevcut olup olmadığı dikkate alınmıştır.

İncelenen tesislerin en yakın hassas konut, okul ve hastaneye olan **mesafeleri Tablo 4.1**'de özetlenmiştir. Elde edilen verilere göre, tesislere en yakın hassas konutun mesafesi 100 metre (T20, T21, T32, T33), en yakın hastanenin mesafesi 380 metre (T33), ve en yakın okulun mesafesi 110 metre (T20) olarak tespit edilmiştir. Ortalama mesafeler hesaplandığında ise, en yakın hassas konuta olan mesafe 420 metre, en yakın hastaneye olan mesafe 1.865 metre ve en yakın okula olan mesafe 800 metre olarak belirlenmiştir. Ayrıca, toplamda 11 tesisin en yakın hassas konuta olan mesafesinin 200 metreden az olduğu ve iki tesisin en yakın okula olan mesafesinin 200 metreden daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu tesislerin sınır değerlerinin altında yer alması sebebiyle, tesislerde gürültü kirliliğini azaltmaya yönelik tedbirlerin titizlikle uygulanması büyük önem taşımaktadır.

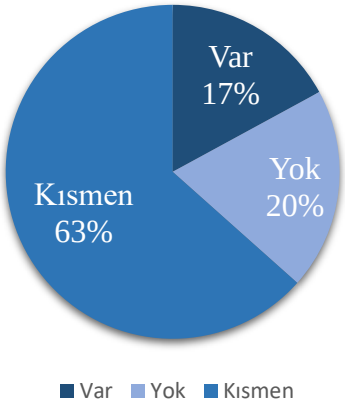
Tablo 4.1. Konum değerlendirme tablosu.

Tesis	En Yakın Hassas Konut (m)	En Yakın Hastane (m)	En Yakın Okul (m)
T1	320	550	335
T2	350	1.180	700
T3	310	1.000	260
T4	230	600	360
T5	1.200	1.540	1.400
T6	300	730	350
T7	200	650	400
T8	150	1.120	330
T9	300	2.000	950
T10	150	430	930
T11	250	1.150	200
T12	1.850	2.220	2.000
T13	750	1.120	1.200
T14	610	3.000	3.500
T15	160	960	340
T16	200	520	560
T17	130	1.850	250
T18	1500	2.500	1.170
T19	200	1.550	2.300
T20	**100**	1.850	**110**
T21	**100**	800	410
T22	150	420	530
T23	1.100	1.500	1.500
T24	250	1.600	700
T25	280	1.750	790
T26	120	880	640
T27	1.200	1.320	1.000
T28	300	680	460
T29	260	680	680
T30	230	1.000	520
T31	350	570	150
T32	**100**	550	400
T33	**100**	**380**	220
T34	140	400	250
T35	780	13.000	415
T36	400	13.700	360
T37	150	1.770	400
T38	220	3.250	1.560
T39	840	2.900	1.110
T40	430	1.800	1.300
T41	400	1.000	1.300

Gürültü Kirliliğini Azaltıcı Yaklaşımlar

Yapılan anket çalışmasına göre, incelenen 26 tesiste gürültüyü azaltıcı uygulamaların kısmen uygulandığı, yedi tesiste bu uygulamaların tam anlamıyla hayata geçirildiği, sekiz tesiste ise herhangi bir gürültü azaltıcı uygulamanın bulunmadığı tespit edilmiştir. Özellikle hassas bölgelerde, yani konut, hastane ve okullara yakın

konumlanmış olan T20, T21, T32 ve T33 tesislerinde gürültü azaltıcı önlemler alınmış olduğu tespit edilmiştir. Bu tesislerin yetkilileri, makine ve ekipmanların düzenli bakım ve onarımını yaparak ya da alternatif yöntemler kullanarak tesiste oluşan gürültüyü azalttıklarını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, tesis ziyaretleri sırasında, personelin gürültüyü önleyici kişisel koruyucu donanım kullanmadığı gözlemlenmiştir. Tesislerde gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımları uygulanma oranı **Şekil 4.12**'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Tesislerde gürültü kirliliğini azaltıcı yaklaşımların uygulanma oranları.

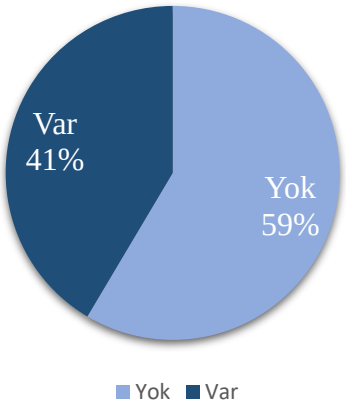
4.4.3. Toprak ve Su Kirliliği Analizi

Toprak ve su kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini en aza indirmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada incelenen toprak ve su kirliliğini azaltıcı yaklaşımlar arasında transmikserlerde ekolojik kapak kullanımı, çöktürme havuzlarının varlığı, beton geri dönüşüm sistemi, yağmur suyu depolama sistemi, atık su kalite kontrolleri ve atık su izin belgesi gibi uygulamalar yer almaktadır.

Transmikserler Ekolojik Kapak Kullanımı Analizi

İncelenen tesislerde ekolojik kapak kullanımı ile ilgili yapılan değerlendirmede, 24 tesiste transmikserlerde ekolojik kapak kullanılmadığı, 17 tesiste ise bu kapakların aktif olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Ekolojik kapak kullanmayan tesislerde, betonun yola dökülmesini önlemek amacıyla transmikserlerin düşük kapasiteyle çalıştırıldığı bilgisi alınmıştır. Ayrıca, transmikser içindeki betonun ekolojik kapaklara

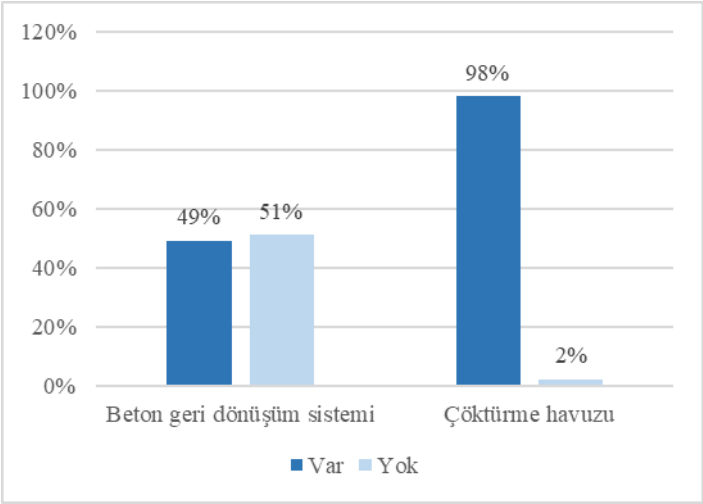
yapışarak kuruması sonucu kapakların açılmasında zorluk yaşandığı ve bu nedenle bazı tesislerde kapakların kullanım dışı bırakıldığı ifade edilmiştir. **Şekil 4.13**'te transmikserler kapak kullanım oranları sunulmuştur.



Şekil 4.13. Transmikserlerde ekolojik kapak kullanımı.

Tesislerde Geri Dönüşüm Sistemi Analizi

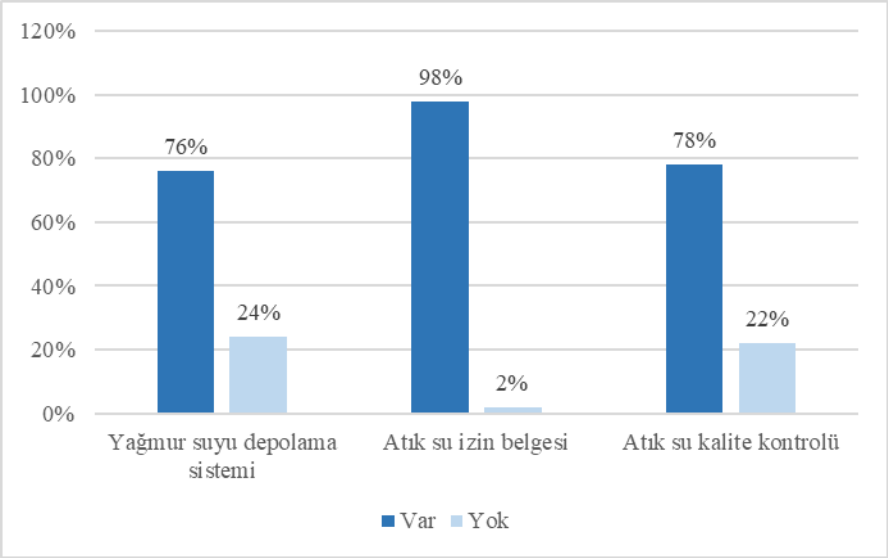
Yapılan çalışma sonucunda, hazır beton üretim tesislerinde çevresel etkileri azaltmaya yönelik çöktürme havuzlarının yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. İncelenen 41 tesisin 40'ında çöktürme havuzu bulunmakta olup, bu tesislerde çöktürme havuzları etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Sadece bir tesiste çöktürme havuzunun yer almadığı belirlenmiştir. İncelenen 41 tesisin 21'inde ise beton geri dönüşüm sistemi bulunmadığı, buna karşın 20 tesiste bu sistemin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Beton geri dönüşüm sistemi bulunmayan tesislerde, atık betonların depolanması amacıyla özel alanların oluşturulduğu ve bu alanlarda biriken atıkların uygun yöntemlerle bertaraf edildiği gözlemlenmiştir. Tesislerde geri dönüşüm sistemi kullanılma oranlarını gösteren grafik **Şekil 4.14**'te sunulmuştur.



Şekil 4.14. Tesislerde geri dönüşüm sistemi kullanılma oranları.

Tesislerde Yağmur Suyu ve Atık Su Analizi

Çalışmaya katılan tesislerin 31'inde yağmur suyu depolama sisteminin bulunduğu, buna karşın diğer 10 tesiste bu sistemin mevcut olmadığı tespit edilmiştir. İncelenen 41 tesisin 40'ında atık su izin belgesinin bulunduğu belirlenmiştir. Atık su kalite kontrollerinin çalışmaya katılan 32 tesis tarafından yapıldığı ancak dokuz tesis tarafından yapılmadığı görülmüştür **(Şekil 4.15).**



Şekil 4.15. Tesislerde yağmur suyu ve atık su analizi.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve bu etkileri azaltmaya yönelik yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Yapılan alan çalışması, hazır beton üretim santrallerinde çevresel etkileri azaltmaya yönelik yaklaşımların genel olarak benimsendiğini göstermektedir. Ancak, uygulama oranları incelendiğinde bazı yöntemlerin yaygın bir şekilde kullanılırken, diğerlerinin daha sınırlı bir uygulama alanı bulduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımlar arasında uygulanma oranı %50'nin altında kalan bazı önemli uygulamalar dikkat çekmektedir. Bu uygulamalar arasında;

- Tesislerin çevresinin bitki duvarı ile çevrilmesi,
- Transmikserlerde ekolojik kapak kullanımı ve
- Tesislerde beton geri dönüşüm sistemlerinin kurulması yer almaktadır.

Buna ek olarak,

- Hâkim rüzgâr yönüne göre tesis yerleşiminin planlanması ve
- Gürültü kirliliğini azaltıcı uygulamaların da çoğunlukla kısmi olarak uygulandığı tespit edilmiştir.

Bu bulgular, çevresel etkilerin daha etkin bir şekilde yönetilebilmesi için bazı kritik alanlarda iyileştirme yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, tesislerde kapalı stok sahası bulunma oranının %95 gibi yüksek bir seviyede olmasına rağmen, bu alanların kapasitelerinin yetersizliği gibi çeşitli sebeplerle tesislerin yaklaşık %55'inde açık alanda da depolama yapıldığı tespit edilmiştir. Bu durum, kapalı stok sahalarının varlığına rağmen açık depolamanın devam etmesinin, çevresel etkileri azaltma çabalarını olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir. Özellikle açık depolamanın, toz oluşumu ve yağışlarla birlikte suya karışan kirleticiler gibi çevresel sorunlara yol açabileceği göz önünde bulundurulduğunda, kapalı stok sahalarının kapasitesinin artırılması ve açık depolamanın azaltılması gerekliliği önem kazanmaktadır. Bu bulgu, tesislerde çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımların sadece uygulanma oranlarına değil, aynı zamanda bu

uygulamaların etkinliğine ve kapasitesine de dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yapılan analizler, çevresel etkileri azaltıcı uygulamalar arasında kullanım oranı %100 olan iki önemli yaklaşımı ortaya koymuştur. Bunlar;

- Tesis içi zemin kaplamalarının tozumaya neden olmayacak malzeme (beton, asfalt vb.) ile kaplanmış olması ve,
- Kapalı taşıyıcı bant kullanımıdır.

Tesis içi zemin kaplamasının tozumaya neden olmayacak malzeme ile kaplı olması yaklaşımı, toz emisyonlarını önemli ölçüde azaltarak hem çalışma koşullarını iyileştirmekte hem de çevreye verilen zararı minimuma indirmektedir. Kapalı taşıyıcı bant kullanımı ise, malzemelerin taşınması sırasında çevreye yayılan toz ve partikül salınımını önleyerek çevresel etkilerin azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada ortaya çıkan diğer bir önemli nokta, THBB üyeliğinin hazır beton üretim tesislerindeki çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir kriter olarak öne çıkmasıdır; Birlik tarafından düzenli denetimlere tabi tutulan tesislerin, çevresel sürdürülebilirlik kriterleri daha etkin bir şekilde uygulanabilmektedir. Bu nedenle, %65 olan üye oranının %100'e çıkarılması, sektördeki tüm tesislerin denetimden geçmesi ve çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımları daha etkin bir şekilde uygulaması için gereklidir. Denetimlerin daha etkin yapılması, tesislerin performansını sürekli olarak iyileştirmeye teşvik edecek ve genel sürdürülebilirlik standartlarını yükseltecektir.

Devlet tarafından yapılan denetimlerin rolü de göz ardı edilmemelidir. Denetimlerin düzenli ve sürekli olarak yapılması, tesislerin çevresel etkileri azaltıcı uygulamaları sürekli olarak gündemde tutmalarına olanak sağlayabilir. Bununla birlikte denetimlerin şeffaf ve kapsamlı bir şekilde yapılması, tesislerin çevresel performanslarının objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Böylece, devletin rolü tesislerin çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarını ciddiye almaları için bir teşvik unsuru olabilir. Ayrıca, ciddi çevresel etkilere sahip tesisler için caydırıcı cezaların getirilmesi, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir teşvik mekanizması olarak işlev görebilir. Çevreye zararlı faaliyetlerde bulunan tesislerin, bu olumsuz etkileri en aza indirmek için gerekli önlemleri almaları ve bu önlemleri sürekli olarak uygulamaları teşvik edilmelidir. Caydırıcı cezaların, tesislerin çevresel etkiler konusunda daha dikkatli olmalarını sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, hazır beton üretim tesislerinin çevresel etkilerini inceleyerek, mevcut uygulamaların etkinliğini değerlendirmiş ve iyileştirilmesi gereken alanları belirlemiştir. Gelecek çalışmalarda, mevcut durumda uygulanma oranı düşük olan yaklaşımların neden yaygın olarak benimsenmediği araştırılabilir ve bu yaklaşımların uygulanma oranlarının artırılması için yapılabilecek çalışmalar belirlenebilir. Ayrıca, çevresel etkileri azaltıcı yaklaşımların etkinliği ve bu yaklaşımların tesislere ve çevreye sağladığı faydalar detaylı bir şekilde analiz edilebilir. Bu çalışmalar, daha sürdürülebilir üretim süreçlerinin oluşturulmasına ve sürdürülebilir bir geleceğin şekillenmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Andaç M.S., (2016), “Hazır Beton Üretiminde Atık Yönetimi”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Atıcı M., (2016), "Hazır Beton Tesislerinde Kullanılan Geri Dönüşüm Sistemlerinin Yaşam Döngü Maliyeti Analizleri", Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Benzer H., Atakay O., Dündar H., Şahbaz O., Cebeci V., (2022), “Sürdürülebilir üretim yönünde çimento öğütmede enerji verimliliği”, Cementürk Dergisi

Betamix, (2023), “BETAMİX PRO Serisi Transmikserleri”, BETAMIX.

Coşgun N., Esin T., (2004), “Hazır Beton Üretiminin “Çevresel Etkiler” Açısından Değerlendirilmesi”, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Coşgun N., Esin T., (2006), “A study regarding the environmental management system of ready mixed concrete production in Turkey”, Building and Environment, 41, 1099-1105.

Coşgun N., Esin T., Öztürk S., (2015), “Hazır Beton Üretiminde Çevresel Uygulamalardaki Gelişmelere Bir Bakış”, 9. Ulusal Beton Kongresi, 421-430.

Çakmak A., (2021), “Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri”, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 5 (1), 41-54.

Çiftçi B., (2019), “Hazır Beton Santrallerinde Çevresel Risk Değerlendirmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.

Çiftçi B., Beyhan M., (2021), “Hazır Beton Santrallerinde Çevresel Risk Değerlendirmesi”, Bilge International Journal of Science and Technology Research, 5 (1), 13-21.

Çomak B., Kadayıfçı A., Morova N., (2010), “Isparta Yöresinde Çıkarılan Bazı Agregaların Mühendislik Özellikleri ve Betonda Kullanımının Araştırılması”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14 (3), 279-284.

Demirdöğen M. M., Çetinyokuş S., (2021), “Deprem Bölgesinde Bulunan Bir Hazır Beton Santralinde Risk Değerlendirmesi”, İSG Akademik, 3 (1), 79-98.

Enshassi A., Kochendoerfer B., Rizq E., (2014), “An evaluation of environmental impacts of construction projects”, ResearchGate, 29 (3), 234-254.

European Commission, (2008), "How to avoid or reduce the exposure of workers to noise at work – Non-binding guide to good practice for the application of Directive 2003/10/EC", Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISBN 978-92-79-08411-9

European Ready Mixed Concrete Organization, (1996), “Environmental Guidelines for the Ready Mixed Concrete Industry”, European Ready Mixed Concrete Organization.

Ghrair A.M., Heath A., Paine K., Al Kronz M., (2020), “Waste Wash-Water Recycling in Ready Mix Concrete Plants”, Environments, 7, 108.

Gür S., (2022), “Beton Üretim Santrallerinde Sıfır Atık Uygulamaları ve Öneriler”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Aksaray Üniversitesi.

Güner A., (2018), "Hazır Beton Santrallerinde Oluşan Çamur ve Atık Suyun Tekrar Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.

Gürsel A.P., Meral Ç., (2012), “Türkiye'de Çimento Üretiminin Karşılaştırmalı Yaşam Döngüsü Analizi”, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Hazır Beton Dergisi, (2019), “Geçmişten Geleceğe Vazgeçilmez Yapı Malzemesi: Beton”, Hazır Beton Dergisi Teknik Notlar, 68-70.

Hür Beton San. Ve Tic. A.Ş., (2023), “Proje Tanıtım Dosyası: Hazır Beton Üretim Tesisi”, Alka İnşaat Tekstil Elektrik Çevre San. Ve Tic. Ltd. Şti.

İMSAD, (2023), “Türkiye İMSAD Yapı Sektörü Raporu 2022”, Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayiciler Derneği

Karadayı T.T., Coşgun N., (2021), “Betonun Yaşam Döngüsü Sürecinde Çevresel Etkilerini Azaltan Yaklaşımlar”, Sürdürülebilir Çevre Dergisi, 1 (1), 1-6.

Karakule F., Akakın T., Uçar S., (2003), “Türkiye’de ve Dünyada Hazır Beton Sektörü”, Türkiye Hazır Beton Birliği.

Karki T.B., Manandhar R.B., Neupane D., Mahat D. Ban P., (2024), “Critical Analysis of Noise Pollution and Its Effect on Human Health”, ResearchGate, 2, 161-176.

Kermeli K., Worrell Ernst, Masanet E., (2011), “Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Concrete Industry”, Utrecht University Repository (Report).

Kermeli K., Worrell Ernst, Masanet E., (2013), “Saving Energy in Ready Mixed Concrete Prodection”, U.S. Environmental Protection Agency, Document Number: 430-R-13-010

Küçük B., (2000), “Betonun Dayanım ve Durabilitesini Sağlayan Parametreler”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (1), 79-85.

Muştu H.E., (2019), “Hazır Beton Üretim Tesislerinde Oluşan Atıksuyun Proseste Yeniden Kullanım Veriminin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.

Nallı E., (2006), “Hazır Beton Santrali Atık Suyunun Beton Üretiminde Karma Suyu Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Orhon A.V., Altın M., (2012), “Beton Yapıların Karbon Ayak İzi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, 288-296.

OYAK Çimento Fabrikaları A.Ş., (2023), “Proje Tanıtım Dosyası: Hazır Beton Tesisi”, Serdar Mühendislik Çevre ve Atık Yönetimi İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.

Öztoprak B., Sözen Ş., Çavuş M., (2018), “Bolu Bölgesindeki Hazır Beton Tesislerinin Durumu ve Beton Kalitesini Etkileyen Faktörler”, Gaziosmanpaşa (Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), 7 (3), 01-11.

Radıc J., Kındıj A., Mandıc A., (2008), “Hıstory Of Concrete Applıcatıon In Development Of Concrete And Hybrıd Arch Brıdges”, Chinese-Croatian Joint Colloquium Long Arch Bridges, Fuzhou University, 9-118.

Reçber Z., (2023), “Hazır Beton Üretim Tesislerinde Atık Yönetimi”, 2nd International Conference on Frontiers in Academic Research, 297-303.

ResGaz 1, (2022), Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, 29 Temmuz 2022 tarih ve 31907 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, (1983), Çevre Kanunu, 11 Ağustos 1983 tarih ve 18132 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 3, (2009), Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 3 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 4, (2008), Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 5, (2006), Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu İle İlgili Yönetmelik (2000/14/AT), 30 Aralık 2006 tarih ve 26392 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 6, (2022), Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 30 Kasım 2022 tarih ve 32029 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 7, (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 8, (2010), Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, 8 Haziran 2010 tarih ve 27605 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 9, (2019), Sıfır Atık Yönetmeliği, 12 Temmuz 2019 tarih ve 30829 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 10, (2010), Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2 Nisan 2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazete.

Silva F.B., Oliveira L.A., Yoshida O.S., John V.M., (2019), "Variability of Environmental Impact of Ready-Mix Concrete: A Case Study for Brazil", Sustaınable Buılt Envıronment Conference.

Singhcrete, (2023), "The Environmental Impact of Ready Mix Concrete in Milton Keynes: What You Need to Know", Medium.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2016), "Entegre Çevre İznine (EÇİ) Tabi Çimento Üretim Tesislerinin Uyum Durumları ve Gerekliliklerinin Belirlenmesi Projesi", Çimento Üretim Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol İle İlgili AB Endüstriyel Emisyonların Direktifinin (EED-2010/75/EU) Uygulanmasına İlişkin Sektör Notu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2012), "Hazır Beton Üretimi (582YIM285)", İnşaat Teknolojisi, T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2018), "Hazır Beton İmalatı Kaynak Verimliliği Rehberi", (Yayın No: e-10), İş Sağlığı ve Güvenli Genel Müdürlüğü.

Taleb H.M., Kayed M., (2021), "Applying Porous Trees as a Windbreak to Lower Desert Dust Concentration: Case Study of an Urban Community in Dubai", Urban Forestry&Urban Greening, 57, 126915.

Tam Vivian W.Y., (2008), "Economic Comparison of Concrete Recycling: A case Study Approach", Science Direct, 52, 821-828.

Tangüler M., Gürsel P., Meral Ç., (2015), "Türkiye'de Uçucu Küllü Betonlar İçin Yaşam Döngüsü Analizi", 9. Ulusal Beton Kongresi, 431-441.

Tekin H., (2021), "Hazır Beton Firmalarının Üretim Stratejilerinin Çevre Bilinci ve Sürdürülebilir Kalkınma Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 32, 843-849.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü), (2013), "Türk Standardı (Direktif :89/106/EEC)", Türk Standartları Enstitüsü.

Türkiye Hazır Beton Birliği, (2021), "Hazır Beton Yaşam Döngüsü Rehberi" Türkiye Hazır Beton Birliği.

Türkiye Hazır Beton Birliği, (2022), "2022 Türkiye Hazır Beton Sektör İstatistikleri", Türkiye Hazır Beton Birliği.

Türkiye Hazır Beton Birliği, (2023), "2022 Hazır Beton Sektör Raporu", Türkiye Hazır Beton Birliği.

Türkiye Hazır Beton Birliği, (2024), "2023 Hazır Beton Sektör Raporu", Türkiye Hazır Beton Birliği.

Usta H., (2005), “Hazır Beton Sektör Araştırması” İstanbul Ticaret Odası Dergisi, İstanbul, Türkiye.

Vasilca I.-S., Nen M., Chivu O., Radu V., Simion C.-P.,Marinescu N., (2021), “The Management of Environmental Resources in the Construction Sector: An Empirical Model”, Energies, 14, 2489.

Vieira L.d.B.P., Figueiredo A.D.d., Moriggi T., John V.M., (2019), “Waste Generation from the Production of Ready-Mixed Concrete”, Waste Management, 94, 146-152.

Web 1, (2024), https://eskisehir.csb.gov.tr/hazir-betonun-piyasa-gozetim-ve-denetimi-calismalari-devam-etmektedir-haber-221321#:~:text=20.04.2004%20tarih%20ve%20248,vibrat%C3%B6rle%20yerle%C5%9Ftirilmi%C5%9F)%20kullan%C4%B1lmas%C4%B1%20zorunlulu%C4%9Fu%20getirilmi%C5%9Ftir, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 2, (2024), https://www.thbb.org/uyelerimiz/uye-listesi/, (Erişim Tarihi: 19/03/2024).

Web 3, (2024), https://www.sanalsantiye.com/agrega-cesitleri-nelerdir-agrega-siniflandirmalari/, (Erişim Tarihi: 19/05/2024).

Web 4, (2024), https://megatechend.com/beton-santrali-nedir-isleyisi-ve-cesitleri-nelerdir/, (Erişim Tarihi: 26/03/2024).

Web 5, (2024), https://avys.omu.edu.tr/hazirbetonteknolojisi.pdf , (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 6, (2024), https://www.srcbelgesi.web.tr/beton-mikseri-nasil-kullanilir.php, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 7, (2024), https://global-pluss.net/concrete-batching-plants-a, (Erişim Tarihi: 28/05/2024).

Web 8, (2024), https://www.general-makina.com.tr/tr/videos/mtitan-100-mobil-beton-santralleri-2021, (Erişim Tarihi: 28/05/2024).

Web 9, (2024), https://www.sanalsantiye.com/beton-dokumunde-dikkat-edilmesi-gereken-hususlar-nelerdir/, (Erişim Tarihi: 25/06/2024).

Web 10, (2024), https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/cevre-ve-hazir-beton/, (Erişim Tarihi: 22/06/2024).

Web 11, (2024), http://sumerbeton.com.tr/deneme-haberi/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 12, (2024), https://birimfiyatim.com/bir-metrekup-m3-betona-ne-kadar-cimento-gider/, (Erişim Tarihi: 25/06/2024).

Web 13, (2024), https://www.alfer.com.tr/endustriler/cimento-fabrikalari/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 14, (2024), https://volkanatabey.com.tr/ucucu-kul-katkili-cimento/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 15, (2024), https://volkanatabey.com.tr/silis-dumani-icerigi-ve-beton-yapiminda-kullanimi/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 16, (2024), https://tr.aliexpress.com/i/1005006274993604.html, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 17, (2024), https://santiyede.com/yuksek-firin-curufu-betonda-kullanimi/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 18, (2024), http://www.besismakina.com.tr/bant-tambur-rulo, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 19, (2024), https://www.ilgazosgb.com.tr/isitme-koruyucu-donanimlar/, (Erişim Tarihi: 23/06/2024).

Web 20, (2024), https://www.cementsilo.com/industry-silo-technology-articles/maintenance-of-dust-collector-on-the-roof-of-cement-silo.html, (Erişim Tarihi: 26/06/2024).

Yeşilyurt M., (2023), "Hazır Beton Santralinde Karbon Ayak İzinin Değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi.

Yeşilyurt M., Kocadağıstan B., (2023), "Carbon Footprint Evaluation of a Ready-Mixed Concrete Plant", Atatürk Üniversitesi Yayınları, 3 (1), 8-15.

Zadeh S.S, Joushideh N., Bahrami B., Niyafard S., (2023), "A review on concrete recycling", World Journal of Advanced Research and Reviews, 19 (2), 784-793, DOI:10.30574/wjarr.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep TURAN, 2014 yılında başladığı Uluslararası Saraybosna Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Bölümünü 2020 yılında başarıyla tamamlayarak, 2021 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalında başladı. 2021-2023 yılları arasında özel bir şirkette mimar olarak çalışmasının akabinde 2023 yılında bir mimarlık ofisinde çalışmaya başladı ve halen aynı ofiste çalışmaya devam etmektedir.

TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Turan Z., Coşgun N., (2023), "Hazır Beton Üretim Tesislerinde Çevresel Etkileri Azaltıcı Yaklaşımların İncelenmesi", 11. Uluslararası Akademik Araştırmalar Kongresi (ICAR) Tam Metin Kitabı, Asos Yayınevi, 1. Baskı, 840-848, ISBN: 978-625-6861-37-4

EKLER

Ek A: Anket Çalışması

HAZIR BETON ÜRETİM TESİSLERİNDE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLAR

Yapılan bu çalışma ile öncelikli olarak ülkemizde inşaat sektöründe en fazla kullanılan malzeme olan betonun üretim sürecindeki çevresel etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır. Beton üretim tesislerinde çevresel etkileri azaltıcı uygulamaların mevzuata uygunluğunun belirlenmesi hedeflenmiştir.

1. Değerlendirilen Tesisin Adı

_____

2. Yetkili İletişim Bilgileri *

_____

3. Tesisin Bulunduğu İl *
   - Kocaeli
   - İstanbul
4. Tesisin Yıllık Üretim Kapasitesi *

_____

5. Aşağıda Belirtilen Puzolan Çeşitlerinden Hangisi veya Hangileri Tesiste Kullanılmaktadır?

*Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- Çimento
- Silis Dumanı
- Uçucu Kül
- Yüksek Fırın Cürufu

Diğer:_____

6. Agreganın Temin Edildiği Taş Ocağı Beton Santraline Kaç Km Uzaklıkta Yer Almaktadır?

_____

7. Puzolanın (Çimento vs.) Temin Edildiği Üretim Tesisi Beton Santraline Kaç Km Uzaklıkta Yer Almaktadır? *

ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTICI YAKLAŞIMLAR

8. Tesis İçi Yolların Zemin Kaplaması Nedir? *
   - Asfalt
   - Beton

Diğer:_____

9. Tesis İçi Ağaçlandırma Yapılmıştır.
   - Evet
   - Hayır
10. Tesiste Bulunan Ağaç Türleri Nelerdir?

---

11. Tesiste Bitkilendirme Yapılmıştır. *
    - Evet
    - Hayır
12. Tesiste Bulunan Bitki Türleri Nelerdir?

---

13. Tesis Etrafı Ne ile Çevrilidir? *

* Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- Duvar
- Bitki Duvarı
- Tel Çit
- Çevrili Değildir.

Diğer:_____

14. Tesis Yerleşiminde Hakim Rüzgar Yönü Dikkate Alınmıştır.
    - Evet
    - Hayır
    - Kısmen
15. Tesiste Rüzgar Kesici Toprak Yığını Bulunmaktadır.

- Evet
- Hayır

16. Tesiste Tozumayı Önlemek Amacıyla Düzenli Aralıklarla Sulama Yapılmaktadır.
    - Evet
    - Hayır
    - Kısmen
17. Savurma Yapılmadan Doldurma-Boşaltma işlemleri Yapılmaktadır.
    - Evet
    - Hayır
18. Agregalar Kapalı Stok Sahasında Veya Naylon Branda İle Üzeri Kapalı Olarak * Depolanmaktadır.
    - Evet
    - Hayır
    - Kısmen
19. Tesiste Örtülü/Üzeri Kapalı Taşıyıcı Bant Kullanılmaktadır.
    - Evet
    - Hayır
20. Transmikserlerde Ekolojik Kapak Kullanılmaktadır. *
    - Evet
    - Hayır
21. Çimento Silolarında Filtre Sistemi Değişim Periyodu Nedir? *

---

23. Tesise Beton Geri Dönüşüm Sistemi Bulunmaktadır. *
    - Evet
    - Hayır
24. Tesiste Yağmur Suyu Depolama Sistemi Bulunmaktadır. *
    - Evet
    - Hayır
25. Tesiste Atık Su Kalite Kontrolü Yapılmaktadır.
    - Evet
    - Hayır
26. Tesiste Gürültü Kirliliğini Azaltıcı Önlemler Alınmaktadır.

- Evet
- Hayır
- Kısmen

27. Tesiste Çevre Mühendisi Çalışmaktadır. / Çevre Danışmanlık Hizmeti Alınmaktadır.

- Evet
- Hayır

28. Personellere Düzenli Olarak Çevre Eğitimi Verilmektedir.

- Evet
- Hayır
- Kısmen

29. Atık Su İzin Belgesi Bulunmaktadır.

- Evet
- Hayır

30. Emisyon İzin Belgesi Bulunmaktadır.

- Evet
- Hayır

31. TSE Belgesi Bulunmaktadır.

- Evet
- Hayır

32. ISO Belgeleri Bulunmaktadır.

- Evet
- Hayır

33. Tesis THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği) Üyesidir.

- Evet
- Hayır

Ek B: Alan Çalışması

Çalışma kapsamında yapılan anket çalışmasına ilişkin sonuçlar **Tablo B1.1**'de sunulmuştur. Bununla birlikte, tabloda yer almayan üç adet çevresel etkileri azaltıcı uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalar; tesis içi zemin kaplama malzemesinin türü, tesislerde rüzgâr kesici toprak yığını bulunup bulunmadığı ve hazır beton santralinde kullanılan taşıyıcı bantların üstünün kapalı olup olmadığıdır. Söz konusu üç uygulamanın tüm tesislerde aynı şekilde uygulandığı gözlemlendiği için tabloya dahil edilmemiştir. Tesis içi zemin kaplama malzemesinin tüm tesislerde beton olduğu ve incelenen tüm tesislerde taşıyıcı bantların üzerinin kapalı olduğu belirlenmiştir. Ancak, incelenen tesislerin hiçbirinde rüzgâr kesici toprak yığınına rastlanmamıştır.

Tablo B1.1. Tesis değerlendirme tablosu.

Tesis (T) No	Yıllık Üretim Kapasitesi (Bin M³)	Agreganın Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimentonun Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimento Yerine Alternatif Puzolan Kullanımı	Tesis Etrafı Ne ile Çevrili	Bitki Duvarı	Hâkim Rüzgâr Yönüne Göre Yerleşim	Tesis İçi Sulama	Kapalı Depolama	Açık Depolama	Savurma Yapmadan Doldurma Boşaltma	Çimento Silolarında Fitre Değişim Periyodu	Transmikserlerde Ekolojik Kapak Kullanımı	Çöktürme Havuzu	Geri Dönüşüm Sistemi	Yağmur Suyu Depolama Sistemi	Atık Su Kalite Kontrolü	Gürültü Kirliliğini Azaltıcı Önlemler	Çevre Mühendisi ve/veya Cevre Danısmanlık Hiz.	Personellere Düzenli Çevre Eğitimi	Atık Su İzin Belgesi	Emisyon İzin Belgesi	TSE Belgesi	ISO Belgesi	THBB Üyeliği
T1	140	70	160	Yok	Duvar	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Yok	Var	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
T2	750	75	175	Yok	D.[2]+T.[3]	Yok	K.[1]	K.[1]	Var	Var	Yok	2 ay	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	K.[1]	Var	Yok	Yok	Var	Var
T3	260	90	190	Yok	D.[2]+T.[3]	Var	K.[1]	K.[1]	Var	Var	Yok	2 ay	Yok	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Var	K.[1]	Var	Yok	Yok	Var	Yok
T4	240	40	40	Var	Duvar	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	1 yıl	Yok	Var	Var	Var	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var
T5	200	7	2	Var	Duvar	Var	Yok	Var	Var	Yok	Var	-	Yok	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Var
T6	200	70	125	Var	D.[2]+T.[3]	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	6 ay	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	Var
T7	430	50	85	Var	D.+S.[4]	Yok	Var	Var	Var	Yok	Var	1 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T8	170	50	40	Yok	Tel Çit	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	1 hafta	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T9	150	25	40	Yok	Tel Çit	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	1 yıl	Yok	Yok	Yok	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T10	360	65	80	Var	Duvar	Yok	K.[1]	Var	Var	Var	Var	1 yıl	Var	Var	Yok	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T11	300	30	55	Var	D.[2]+T.[3]	Yok	K.[1]	Var	Var	Yok	Var	3 ay	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T12	100	1	200	Var	Tel Çit	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	3-4 ay	Yok	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	K.[1]	Var	Var	Var	Var	Var
T13	345	10	350	Var	D.[2]+T.[3]	Var	K.[1]	Var	Var	Yok	Var	3 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var
T14	150	10	30	Var	Duvar	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	3-6 ay	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var	Var

[1] Kısmen, [2] Duvar, [3] Tel Çit, [4] Trapez Sac

Tablo B1.2. Devam.

Tesis (T) No	Yıllık Üretim Kapasitesi (Bin M³)	Agreganın Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimentonun Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimento Yerine Alternatif Puzolan Kullanımı	Tesis Etrafı Ne ile Çevrili	Bitki Duvarı	Hâkim Rüzgâr Yönüne Göre Yerleşim	Tesis İçi Sulama	Kapalı Depolama	Açık Depolama	Savurma Yapmadan Doldurma Boşaltma	Çimento Silolarında Fitre Değişim Periyodu	Transmikserlerde Ekolojik Kapak Kullanımı	Çöktürme Havuzu	Geri Dönüşüm Sistemi	Yağmur Suyu Depolama Sistemi	Atık Su Kalite Kontrolü	Gürültü Kirliliğini Azaltıcı Önlemler	Çevre Mühendisi ve/veya Çevre Danışmanlık Hiz.	Personellere Düzenli Çevre Eğitimi	Atık Su İzin Belgesi	Emisyon İzin Belgesi	TSE Belgesi	ISO Belgesi	THBB Üyeliği
T15	180	20	20	Var	D[5] + T.[6]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	1 ay	Yok	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var
T16	400	30	20	Var	D[5] + T.[6]	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Var	3-6 ay	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok
T17	80	25	290	Var	D[5] + T.[6]	Yok	Var	Var	Yok	Var	Var	3 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T18	400	30	30	Yok	D[5] + T.[6]	Yok	Var	Var	Var	Yok	Var	1 ay	Yok	Var	Yok	Var	Var	K.[7]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T19	35	25	25	Yok	Tel Çit	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Var	3-6 ay	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T20	400	25	20	Var	D[5].+S.[8]	Yok	Var	Var	Var	-	Var	6 ay	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T21	150	45	45	Var	D[5].+S.[8]	Yok	K.[7]	Var	Var	Yok	Var	6 ay	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T22	150	55	150	Yok	D[5].+S.[8]	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Var	Var	Var	K.[7]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T23	120	50	165	Var	D[5] + T.[6]	Var	K.[7]	Var	Var	Var	Var	6 ay	Var	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T24	150	80	150	Var	Tel Çit	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Var	Var	Var	K.[7]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T25	150	140	140	Var	Tel Çit	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var
T26	300	100	100	Var	D[5] + T.[6]	Var	K.[7]	Var	Var	Yok	Var	6 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T27	100	55	150	Var	D[5] + T.[6]	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	-	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok

[5] Duvar, [6] Tel Çit, [7] Kısmen, [8] Trapez Sac

Tablo B1.3. Devam.

Tesis (T) No	Yıllık Üretim Kapasitesi (Bin M³)	Agreganın Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimentonun Temin Edildiği Uzaklık (Km)	Çimento Yerine Alternatif Puzolan Kullanımı	Tesis Etrafı Ne ile Çevrili	Bitki Duvarı	Hâkim Rüzgâr Yönüne Göre Yerleşim	Tesis İçi Sulama	Kapalı Depolama	Açık Depolama	Savurma Yapmadan Doldurma Boşaltma	Çimento Silolarında Fitre Değişim Periyodu	Transmikserlerde Ekolojik Kapak Kullanımı	Çöktürme Havuzu	Geri Dönüşüm Sistemi	Yağmur Suyu Depolama Sistemi	Atık Su Kalite Kontrolü	Gürültü Kirliliğini Azaltıcı Önlemler	Çevre Mühendisi ve/veya Çevre Danışmanlık Hiz.	Personellere Düzenli Çevre Eğitimi	Atık Su İzin Belgesi	Emisyon İzin Belgesi	TSE Belgesi	ISO Belgesi	THBB Üyeliği
T28	250	25	25	Yok	Tel Çit	Var	Yok	K.[9]	Var	Yok	Var	1 yıl	Yok	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T29	230	50	40	Var	Duvar	Var	Yok	Var	Var	Yok	Var	6 ay	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var
T30	150	50	130	Var	D.[10]+S.[11]	Var	Yok	Var	Var	Yok	Var	1-2 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var
T31	200	70	65	Var	D.[10]+S.[11]	Yok	K.[9]	Var	Var	Var	Var	1 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T32	90	40	65	Var	D.[10]+T.[12]	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Var	-	Yok	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T33	170	40	70	Var	Tel Çit	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	3 ay	Yok	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
T34	345	70	200	Var	D.[10]+T.[12]	Yok	K.[9]	Var	Yok	Var	Var	3 ay	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
T35	40	15	240	Yok	Duvar	Yok	Yok	Yok	Var	Var	Var	3-5 ay	Var	Var	Yok	Yok	Var	K.[9]	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Yok
T36	280	15	180	Var	Tel Çit	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Yok	Yok	Yok	K.[9]	Yok	Yok	Var	Var	Var	Var	Yok
T37	360	20	81	Var	D.[10]+T.[12]	Var	Yok	Var	Var	Var	Var	-	Yok	Var	Var	Yok	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var
T38	880	2	80	Var	D.[10]+T.[12]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	3 ay	Yok	Var	Var	Var	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
T39	550	50	150	Var	Tel Çit	Yok	Var	Var	Yok	Var	Var	-	Yok	Var	Var	Var	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok
T40	900	80	45	Yok	Tel Çit	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	1 yıl	Yok	Var	Yok	Yok	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
T41	25	36	165	Yok	D.[10]+T.[12]	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	-	Var	Var	Yok	Yok	Var	K.[9]	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var

[9] Kısmen, [10] Duvar, [11] Trapez Sac, [12] Tel Çit