

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE OLUŞAN TAZE ATIK BETONUN
KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

Ahmet ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Tübitak

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE OLUŞAN TAZE ATIK BETONUN
KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

Ahmet ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 113M428 nolu proje ile desteklenmiştir.

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE OLUŞAN TAZE ATIK BETONUN
KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

Ahmet ARSLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 14/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Aynur KAZAZ
Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ
Doç. Dr. Okan ÖZCAN

ÖZET

HAZIR BETON TESİSLERİNDE OLUŞAN TAZE ATIK BETONUN KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ

Ahmet ARSLAN

Yüksek lisans Tezi, Yapı İşletmesi Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Aynur KAZAZ
Temmuz 2016, 76 sayfa

Teknolojinin gelişimiyle beraber, inşaat sektöründe farklı özelliklere sahip birçok malzeme kullanılmaktadır. Ancak, işlenebilirlik veya maliyet gibi özelliklerinden dolayı beton hala en yaygın malzemedir. Bu yüzden, inşaat sektöründeki atıkların büyük bir kısmı binaların yapım veya yıkım aşamasında betondan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından desteklenen bir proje kapsamında, hazır beton tesislerinde oluşan taze beton atıklarının kaynaklarının ve miktarlarının saha ölçümleri ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları, hazır beton tesislerinde taze beton atıklarının 4 farklı kaynaktan oluştuğunu ve tesislerin işletme yöntemi nedeniyle sadece fazla sipariş ile transmikserlerin çeperlerine yapışan betondan kaynaklanan atıkların ölçülebilir olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, ölçülebilen taze beton atıkları bile çok büyük miktardadır ve dolayısıyla, bunların azaltılması veya geri dönüştürülmesi çok önemlidir.

ANAHTAR KELİMELELER: İnşaat atığı, taze atık beton, hazır beton, atık kaynakları.

JÜRİ: Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Danışman)
Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ
Doç. Dr. Okan ÖZCAN

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE DYNAMIC PROPERTIES OF PACKED DISTILLATION COLUMN UNDER THE EFFECTS OF THE STEP CHANGES IN THE REFLUX RATIO

Ahmet ARSLAN

MSc Thesis in Construction Management

Supervisor: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

July 2016, 76 pages

With the development of the technology, various materials with different specifications are utilized in the construction industry. However, concrete is still the most common used material due its properties such as workability or cost. Therefore, most of the waste in construction industry is generated by concrete during the construction and demolition of the buildings. In this study, in context of a project supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK), it was aimed to determine the sources and amount of fresh concrete waste generated in ready-mix concrete plants by on-site measurements. The results of the study revealed that fresh concrete wastes originates from 4 different sources in the plants and only the amount of wastes caused by over ordered concrete and adhesive concrete in truck mixers' drum can be measured due to the operation mode of the plants. As a result, even the measurable amount of fresh concrete waste is too much and thus, it is crucial to minimize or recycling them.

KEYWORDS: Construction waste, fresh concrete waste, ready-mixed concrete, waste sources.

COMMITTEE: Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Supervisor)
Assoc. Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ
Assoc. Prof. Dr. Okan ÖZCAN

ÖNSÖZ

Günümüzde kısıtlı olan doğal kaynakların daha uzun vadede ve verimli olarak kullanılabilmesi için atık israfı ortadan kaldırılmalı veya oluşan atıklar geri dönüştürülerek tekrardan kullanılması gerekmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde inşaat faaliyetlerinin yoğun olarak yürütülmesinden dolayı oluşan atıkların büyük bir miktarı inşaat atıklarından meydana gelmektedir. Örneğin, inşaat sektörünün İngiltere’de yılda toplam 91 milyon ton, ABD’de ise 164 milyon ton atık ürettiği tahmin edilmektedir. Dolayısıyla inşaat projelerinde uygulanan kaynak ve atık yönetimi yaklaşımlarının önemli çevresel etkileri olmaktadır. Bu anlamda inşaatlarda meydana gelen atıklara bağlı olarak oluşan etkileri azaltmak, bu atıkları minimize etmek için sürekli çalışmalar yapılmıştır. İnşaat projelerinde farklı yapı sistemi bulunmasına rağmen en yaygın betonarme yapılar kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri, betonu oluşturan malzemelerin temininin kolay olması, bu malzemelerinin fiyatının düşük olması, kalıp aracılığıyla betona istenilen şeklin verilebilmesi ve üretiminin fazla uzmanlık gerektirmemesi olarak sıralanabilir. Beton malzemesi, betonarme bir bina projesinde toplam maliyetin yaklaşık %10’una kadar çıkabilen önemli bir paya sahiptir. Türkiye Hazır Beton Birliği’ nin yayınlamış olduğu istatistik verilerine göre yıllık yaklaşık 102 milyon metreküp beton ile Türkiye dünya çapında üçüncü, Avrupa’ da ise birinci sıradadır. Dolayısıyla bu kadar fazla üretimin olduğu bir üründe atık oluşması kaçınılmazdır. Yapılan bu çalışmanın hazır beton sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlara katkı sağlamasını ve üretilen atıkların miktarının azalmasını temenni ederim.

Bu projede bana çalışma fırsatı veren, her daim yanımda olan, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen saygı değer danışmanım Prof. Dr. Aynur Kazaz’a, proje süresince teknik alanda destekçi olan araştırmacı hocamız Doç. Dr. Serdar Ulubeyli’ye, tüm proje boyunca verileri elde etmemizi sağlayan bursiyer Araş. Gör. Bayram Er, Araş. Gör. Volkan Arslan ve İnş. Müh. Murat Atıcı’ya, böyle bir projenin destekçisi olan TÜBİTAK’a, bize tesislerini açan beton santrallerine ve çalışma sırasında küçük veya büyük yardımını esirgemeyen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i.
ABSTRACT	ii.
ÖNSÖZ	iii.
İÇİNDEKİLER	iv.
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v.
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi.
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii.
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	4
2.1. Atık Yönetimi.....	4
2.1.1. Çevre ve Orman Bakanlığı'nca önerilen atık yönetim piramidi.....	6
2.1.2. Atık yönetimi nasıl yapılmalıdır?	7
2.1.3. Atıkların minimizasyonu	9
2.1.3.1. Kirlilik önleme	10
2.1.3.2. Geri dönüşüm.....	11
2.1.3.3. Arıtma	12
2.1.3.4. Bertaraf etme.....	13
2.2. Beton	13
2.2.1. Betonu oluşturan malzemeler	14
2.2.1.1. Çimento.....	14
2.2.1.2. Agrega.....	15
2.2.1.3. Karışım suyu	16
2.2.1.4. Katkı maddeleri.....	17
2.2.2. Betonu oluşturan malzemelerin betona etkisi.....	18
2.2.2.1. Çimentonun beton özelliklerine etkisi	18
2.2.2.2. Agreganın beton özelliklerine etkisi	19
2.2.2.3. Karışım suyunun beton özelliklerine etkisi.....	20
2.2.3. Beton özelliklerini etkileyen diğer etkenler.....	20
2.2.3.1. Betonun karıştırılması	21
2.2.3.2. Betonun yerleştirilmesi.....	21
2.2.3.3. Betonun sıkıştırılması	21
2.3. Hazır Beton.....	21
2.3.1. Hazır betonun tarihçesi	22
2.3.2. Hazır betonun Türkiye'deki yeri	25
2.3.2. Hazır beton sektörü ile ilgili teknik bilgi	27
2.3.3. Hazır beton santralleri ve üretim	28

2.3.3.1. Düşey santraller.....	29
2.3.3.2. Yatay santraller	29
2.3.3.3. Taşınabilir (mobil) santraller.....	29
2.3.3.4. Hazır beton üretimi	30
2.3.3.5. Hazır betonun taşınması.....	31
2.3.3.6. Hazır betonun dökümü.....	33
2.3.4. Beton geri dönüşüm sistemi.....	34
2.3.4.1. Geri dönüşüm	35
2.3.4.2. Geri dönüşümün önemi	35
2.3.4.3. Geri dönüşümde yasal mevzuat	36
2.3.4.4. Geri kazanılmış agrega.....	36
2.3.4.5. Geri kazanılmış agreganın özellikleri	37
2.4. Literatür Taraması	37
3. MATERYAL VE METOT	40
3.1. Amaç	40
3.2. Yöntem	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Hazır Beton Üretim Tesisinde Oluşan Taze Beton Atıklar	47
4.1.1. Betonun transmikserlere dolumu ve yıkanması sırasında oluşan atık	47
4.1.2. Transmikserlerden numune alınması sonucu oluşan atık	48
4.1.3. Transmikserlerin betonu boşalttıktan sonra çeperele yapışarak oluşan atık	49
4.1.4. Yanlış metraj sonucu oluşan atık	50
4.2. Şantiyelerde Oluşan Atıklar ve Metraji Etkileyen Faktörler.....	52
4.3. Oluşan Taze Atık Betonun Analizi.....	53
4.4. Birim Atık Oranları	64
5. SONUÇ.....	71
KAYNAKLAR	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
m ³	Metreküp
km	Kilometre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
kg	Kilogram
dk	Dakika
°C	Santigrat

Kısaltmalar

GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
M.Ö.	Milattan Önce
ERMCO	Avrupa Hazır Beton Birliği
THBB	Türkiye Hazır Beton Birliği
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
USEPA	ABD Çevre Koruma Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. GSYH ve inşaat sektörü büyüme hızı	1
Şekil 1.2. Türkiye'nin 2005 yılından itibaren hazır beton üretim grafiği	2
Şekil 2.1. Atık yönetim piramidi	6
Şekil 2.2. Hazır beton tesisi	29
Şekil 2.3. Transmikser kesiti (Demiryürek 2007)	31
Şekil 3.1. Atık betonun transmikserden alınması	43
Şekil 3.2. Atık betonun çöktürülmesi	44
Şekil 3.3. Atık betonun çimento-su karışımından süzdürülmesi	44
Şekil 3.4. Çimento-su karışımı süzdürülen atık betonun tartılması	45
Şekil 3.5. Atık betondan numune alınması	45
Şekil 3.6. Alınan numunelerin yıkanması	46
Şekil 4.1. Transmikserin dolumu	48
Şekil 4.2. Transmikserden numune alınması	49
Şekil 4.3. Örnek küp numuneler	49
Şekil 4.4. Transmikserin çeperlerine yapışan atık beton	50
Şekil 4.5. Kalıp açması sonucu oluşan beton zaiyatı	53
Şekil 4.6. Verilerin SPSS dosyasına girilmesi	54
Şekil 4.7. Verilerin şehirlere göre dağılımı	54
Şekil 4.8. Verilerin il il beton sınıfına göre dağılımı	55
Şekil 4.9. Ölçüm yapılan illerin ortalama sıcaklık değerleri	56
Şekil 4.10. Mevsimlere göre ölçüm dağılımı	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

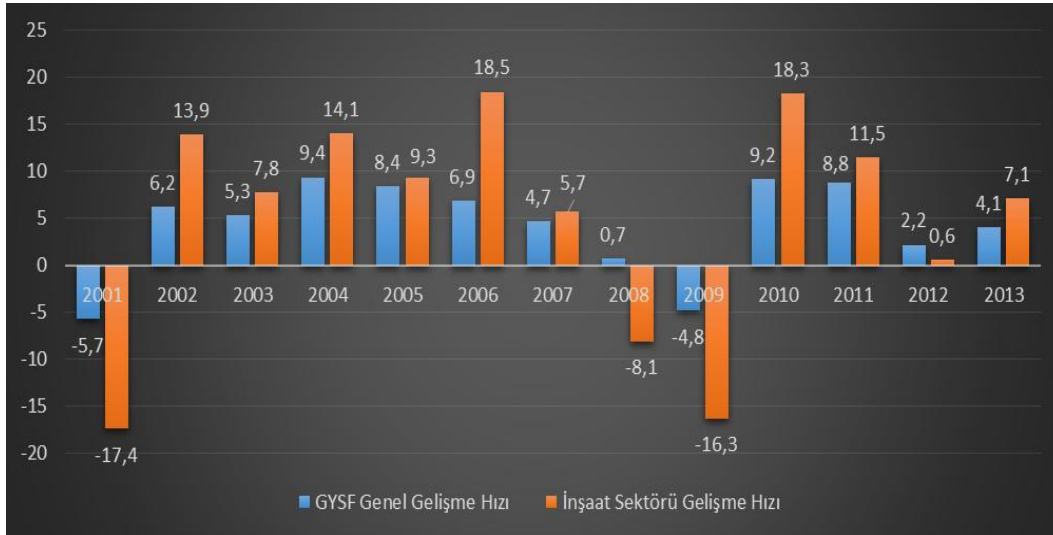
Çizelge 1.1. ERMCO'ya üye ülkelerin 2013 yılına ait beton üretim miktarı	2
Çizelge 2.1. a) Katı atıkların toplama öncesi kaynağından ayrılması	8
Çizelge 2.1. b) Katı atıkların toplama sonrası kaynağından ayrılması	8
Çizelge 2.2. Türkiye'de kullanılan beton sınıflarının yıllara göre dağılımı	12
Çizelge 2.3. Beton karma suyunun özellikleri	17
Çizelge 2.4. Çeşitli ülkelerin hazır beton sektörüne başlangıç yılları (Demiryürek 2007)	23
Çizelge 2.5. ERMCO'ya üye ülkelerin 2011 yılına ait hazır beton üretim miktarı (THBB 2013)	23
Çizelge 2.6. ERMCO (Avrupa Hazır Beton Birliği) üye ülkelerde hazır beton üretim miktarları (ERMCO 2013)	24
Çizelge 2.7. ERMCO üyesi ülkelerde beton üretim miktarları (ERMCO 2013)	25
Çizelge 2.8. 2011-12 yıllarında Türkiye'de toplam hazır beton üretiminin bölgelere göre miktarları (THHB 2013)	26
Çizelge 2.9. Türkiye'deki hazır beton tesisleri (THHB 2013)	26
Çizelge 2.10. Türkiye'deki hazır beton tesislerinin Birliğe üyelikleri (THHB 2013)	27
Çizelge 2.11. Ülkelerin transmikser sayıları ve kapasiteleri (ERMCO 2013)	31
Çizelge 4.1. Antalya'da ki bir hazır beton tesisine ait beton üretim ve iade miktarı	51
Çizelge 4.2. Şehir ve transmikserde kalan beton hacmi korelasyon sonucu	58
Çizelge 4.3. Şehirler arasındaki atık miktarı ilişkisi	58
Çizelge 4.4. Sıcaklık ve transmikserde kalan beton hacmi korelasyon sonucu	59
Çizelge 4.5. Mevsimler ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonucu	59
Çizelge 4.6. Beton sınıfı ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonucu	60
Çizelge 4.7. Sipariş miktarı ve iade miktarı arasında korelasyon sonucu	61

Çizelge 4.8. Şantiyede boşaltılan beton miktarı ve iade miktarı arasındaki korelasyon sonucu	61
Çizelge 4.9. Ölçüm yapılan mikser sayısı ve transmikslerde kalan beton hacmi arasında korelasyon	62
Çizelge 4.10. Şehirlere göre kullanılan transmikser sayıları	62
Çizelge 4.11. Transmikser boyutu ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonuçları	63
Çizelge 4.12. Transmiksere doldurulan beton miktarı ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonuçları	63
Çizelge 4.13. Transmikser başına düşen birim atık oranları	64
Çizelge 4.14. Şehir ile atık miktarı arasında yapılan Anova testi	64
Çizelge 4.15. Şehir ile Vmikser arasında yapılan Anova testi	65
Çizelge 4.16. Şehirlerin Vmikser için ayrı ayrı analizleri sonucu ortaya çıkan tanımlayıcı istatistik değerleri	65
Çizelge 4.17.. Müşteri birim atık oranı vaka süreci özeti ((-) değerler için)	67
Çizelge 4.18. İl bazında müşteri birim atık oranı ((-) değerler için)	68
Çizelge 4.19. Ortalama müşteri birim atık oranı ((-) değerler için)	68
Çizelge 4.20. Müşteri birim atık oranı vaka süreci özeti ((+) değerler için)	68
Çizelge 4.21. İl bazında müşteri birim atık oranı ((+) değerler için)	69
Çizelge 4.22. Ortalama müşteri birim atık oranı ((+) değerler için)	70

1. GİRİŞ

Günümüzde kısıtlı olan doğal kaynakların daha uzun vadede ve verimli olarak kullanılabilmesi için atık israfı ortadan kaldırılmalı veya oluşan atıklar geri dönüştürülerek tekrardan kullanılması gerekmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde (Şekil 1.1’de GSYH ve inşaat sektörü büyüme hızları inşaat sektörünün ekonomi üzerinde büyük etkisi olduğu görülmektedir.) inşaat faaliyetlerinin yoğun olarak yürütülmesinden dolayı oluşan atıkların büyük bir miktarı inşaat atıklarından meydana gelmektedir. Örneğin, inşaat sektörünün İngiltere’de yılda toplam 91 milyon ton (Osmani 2008), ABD’de ise 164 milyon ton atık ürettiği tahmin edilmektedir (Winkler 2010). Dolayısıyla inşaat projelerinde uygulanan kaynak ve atık yönetimi yaklaşımlarının önemli çevresel etkileri olmaktadır. Bu anlamda inşaatlarda meydana gelen atıklara bağlı olarak oluşan etkileri azaltmak, bu atıkları minimize etmek için sürekli çalışmalar yapılmıştır.

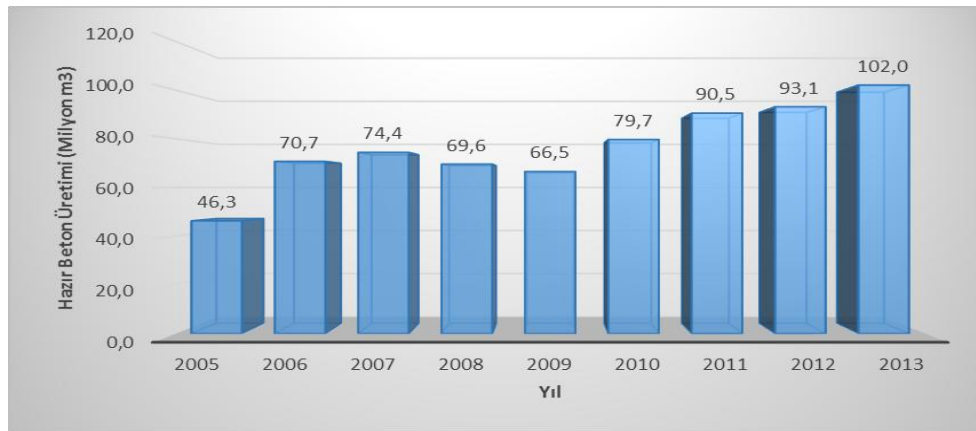
Şekil 1.1. GSYH ve inşaat sektörü büyüme hızı



İnşaat projelerinde farklı yapı sistemi bulunmasına rağmen en yaygın betonarme yapılar kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri, betonu oluşturan malzemelerin teminin kolay olması, bu malzemelerinin fiyatının düşük olması, kalıp aracılığıyla betona istenilen şeklin verilebilmesi ve üretiminin fazla uzmanlık gerektirmemesi olarak sıralanabilir. Beton malzemesi, betonarme bir bina projesinde toplam maliyetin yaklaşık %10’una kadar çıkabilen önemli bir paya sahiptir (Kazaz vd. 2004). Türkiye Hazır Beton Birliği’ nin yayınlamış olduğu istatistik verilerine göre yıllık yaklaşık 102 milyon metreküp beton ile Türkiye dünya çapında üçüncü, Avrupa’da ise birinci sıradadır (www.thbb.org). Dolayısıyla bu kadar fazla üretimin olduğu bir üründe atık oluşması kaçınılmazdır. Çizelge 1.1’de ERMCO (Avrupa Hazır Beton Birliği)’ya üye ülkelerin 2013 yılına ait beton üretim miktarı ve Avrupa beton üretim ortalaması, Şekil 1.2’de ise beton üretiminde Avrupa’da birinci olan Türkiye’nin yıllara göre hazır beton üretim grafiği gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. ERMCO'ya üye ülkelerin 2013 yılına ait beton üretim miktarı

ÜLKE	Beton Üretimi (milyon m ³)		
	2011	2012	2013
Avusturya	15	15	15
Belçika	19	23,7	22,5
Çek Cumhuriyeti	11	10,6	10
Danimarka	4,1	4	4,2
Finlandiya	4,6	4,1	3,9
Fransa	59	55	54
Almanya	71,3	67,9	67,2
İrlanda	2,8	2,8	2,8
İtalya	75,1	58,7	46,6
Hollanda	16,6	14,2	11,8
Polonya	43,1	34,8	32,1
Portekiz	10	7	5,5
Slovakya	7	2,4	2,2
İspanya	60	40	32
İsveç	5	5	*
Birleşik Krallık	30,5	28	28,2
Avrupa (Toplam)	430,1	373,2	338
İsrail	12	13	14,5
Norveç	4,9	5,1	5
İsviçre	12,1	12,1	*
Türkiye	100	104	115
ERMCO'ya Üye Ülkeler (Toplam)	559,1	507,4	472,5
Rusya	65	70	76
Amerika	270	310	330
Japonya	123	128	138



Şekil 1.2. Türkiye'nin 2005 yılından itibaren hazır beton üretim grafiği

Beton atıkları, üretim sırasında ve ömrünü tamamlamış yapıların yıkılmasından sonra oluşan atıklar olarak iki şekilde gruplandırabiliriz. Ömrünü tamamlamış yapının yıkılması ile oluşan atık beton molozdan meydana geldiği için ancak dolgu malzemesi veya kırılmalar yapılarak dayanımı düşük agregalar olarak tekrardan değerlendirilebilir. Ancak üretim sırasında oluşan taze beton atıklarından, geri dönüşüm tesisleri yardımıyla, elde edilen su ve agregalar tekrar kullanılmaktadır.

Atık yönetiminde genel ilke; atıkların kaynağında azaltılması, kaçınılmaz olarak çıkan atıkların da mümkün olan en yüksek oranda geri kazanılarak, yeniden kullanılmasıdır. Dolayısıyla etkin bir atık yönetimi için öncelikle atıkların oluştuğu nedenleri ile beraber oluşan atık miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, yapılan çalışmada, hazır beton tesislerinde betonun üretim ve transferi sürecinde oluşan atıklar incelenerek bunların nedenleri ile miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Atık Yönetimi

Atık; sözlük anlamı, düşük değerde, kullanım dışı veya faydasız kalıntı (bakiye); Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na göre (UNEP); sahibinin istemediği, ihtiyacı olmadığı, kullanmadığı, arıtma ve uzaklaştırılması gerekli maddeler olarak tanımlanmıştır. Toplumların kalkınmışlık düzeylerine, siyasal ve toplumsal örgütlenme özelliklerine bağlı olmayan çevre sorunları, özellikle su ve hava kirliliğinden sonra üçüncü kirlilik olarak adlandırılan katı atık sorunu (Hagerty 1973), çevrenin daha geniş anlamda canlıların yaşadıkları doğal çevre anlamında, habitat, çevre sorunlarının ise yaşanabilirlik, kavramıyla ilişkilendirilmesine uygun anlayışla yerel, ulusal ve uluslararası gündemlere konu olmaktadır. Katı atık, en yalın anlatımıyla evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeler olarak tanımlanabilir (Clayton ve Huie 1973, Erdin 1996). Kavramın belirleyici özelliği, kullanıcısının ya da üreticisinin maddeyi gözden çıkartması veya bu amaca sahip olmasıdır.

Atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertaraf ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren bir yönetim biçimidir. Yaşamın doğal ve kaçınılmaz sonucu olan atıklar ve atıkların yönetimi, toplumların yıllardır gözden uzak olsun anlayışıyla davrandıkları konuların başında gelmiş; insanlık, uzun süre, yaptıklarıyla doğal dengeyi bozabileceğini düşünmemiştir. Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileriyle günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1946) sağlık kavramını sadece hastalıklardan uzak olma anlamında değil insanın fiziksel, zihinsel ve sosyal iyilik hali olarak tanımlamaktadır. Sağlıklı olmanın temel koşullarından birisi de sağlıklı çevredir. Katı atıklar, atık döngüsü içinde, üretildikleri andan son uzaklaştırma aşamasına kadar çevre ve insanla doğrudan ya da dolaylı etkileşim içindedir. Katı atıklar, gerek içeriklerindeki hastalık yapıcı veya bulaştırıcı maddelerle doğrudan; gerekse fare, sinek vb. diğer canlılar için beslenme ve üreme kaynağı olması nedeniyle dolaylı olarak çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (WHO 1997, Güler ve Çobanoğlu 1996, Tokgöz ve Sarmaşık 1982). Katı atıkların çevreye etkileri biyolojik, kimyasal ve fiziksel nitelikte olabilmektedir. Yetersiz temizlik ve atık yönetimi uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı arasındaki ilişki kalkınmamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde açıkça gözlemlenmektedir (Palabıyık 2001). Atık yönetimi, sistem yaklaşımıyla ele alınması gereken bir konudur. Sistem yaklaşımı; atık yönetiminin atık oluşumu, toplama, işleme ve uzaklaştırma gibi temel unsurları yanında enerji, çevre koruma, kaynakların korunması, verimlilik artışı, istihdam gibi konularla bütünlük içinde ele alınmasını gerektirir. Atık yönetiminde sistem yaklaşımı, katı atıkların sadece insan çevresinden uzaklaştırılmasını değil; çevre ve insan sağlığının korunarak geliştirilmesiyle birlikte ekonomik kalkınmanın sağlanmasına da olumlu katkılar sağlayacaktır (Agrawal 1990).

Katı atık yönetimi kavramı, katı atıkların insan ve çevre sağlığı, ekonomi, mühendislik, kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel konularla ilgili biçimde toplumun üretim ve tüketim alışkanlıklarını da dikkate alarak atık miktarının kontrolü, toplama, biriktirme, taşıma-aktarma, işleme ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan disiplin olarak tanımlanabilir (Tchobanoglous vd. 1977). Kentsel katı atık yönetimi kavramı evlerden, endüstri kuruluşlarından, ticari ve diğer kurumlardan, belediyesel işlevlerden kaynaklanan evsel nitelikli ve yönetiminden yerel yönetimlerin sorumlu olduğu kentsel katı atıkların toplanması, biriktirilmesi, aktarılması-taşınması, işlenmesi, geri dönüşüm ve geri kazanımı ile son uzaklaştırmayı anlatmaktadır. Kentsel katı atık yönetimi sistem içeriği ve aktörleri, içinde yer aldıkları kent ve/veya ülkenin siyasal, ekonomik, sosyo-kültürel, teknik, mali ve çevresel özelliklerinden etkilenmekte aynı zamanda etkileyebilmektedirler. Kentsel katı atık yönetim sisteminin etkinliği ve sürdürülebilirliği kent ve/veya ülke sistemiyle bütünleşmesine bağlıdır; diğer bir deyişle katı atık sorununa yönelik geliştirilen çözümler kent ya da ülkenin özelliklerine ne kadar uygun olursa o kadar başarılı yönetim gerçekleştirilebilir. Kentsel katı atık yönetimi: Klasik anlamda atık oluşumu, toplama, işleme-geri kazanım ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan sistem bileşenlerinden oluşmaktadır. Günümüzde atık yönetimi üretim aşamasından başlamakta, tüketim ve son uzaklaştırmaya kadar ki aşamalarda en az atık oluşturan teknolojiler geliştirilerek entegre yönetim uygulanmaktadır

Kentsel katı atık yönetiminin günümüzde kazandığı çağdaş anlam bağlamında entegre katı atık yönetimi ve sürdürülebilir atık yönetimi kavramlarının incelenmesi gerekmektedir. Entegre katı atık yönetimi kavramı, kentsel katı atık yönetiminde etkinlik ve güvenliğin sağlanması amacıyla, insan ve çevre sağlığı üzerinde en az etkili olabilecek katı atıkların azaltımı, kaynağında azaltım, geri kazanım, tekrar kullanım, kompostlama, enerji kazanımı için yakma ve depolama gibi katı atık yönetimi uygulamalarının birlikte kullanılmasını anlatmaktadır. Entegre katı atık yönetimi planlaması ise katı atıkların miktar ve içeriği, yerel-bölgesel hatta ulusal ekonomik sosyal ve çevresel özellikler dikkate alınarak mevcut olanaklarla atıkların üretildiği kaynaktan biriktirilmesinden başlayarak toplama, taşıma, işleme ve son uzaklaştırma süreçlerini kapsayan entegre planlama biçimidir (EPA 1989, Dajani ve Warner 1980). Entegre katı atık yönetiminin temel amacı, birden fazla program ve teknolojinin rasyonel ve eşgüdüm içerisinde kullanımının katı atık yönetiminde çevresel ve ekonomik anlamda başarıyı sağlayacağıdır. Her topluluk/toplum, kendi koşullarında üretilen atık özelliklerini, teknik ve mali olanakları da göz önünde tutarak entegre katı atık yönetimi kavramı içinde belli uygulamalara önem vermelidir. Entegre katı atık yönetiminde örgütsel ve bireysel sorumluluk kentsel katı atık yönetim sistemi aktörlerindedir. Başta yerel yönetimler olmak üzere, merkezi yönetim kurum ve kuruluşları, özel sektör, gönüllü kuruluşlar ve bireyler birlikte sorumluluk sahibidir (Palabıyık 2001). Sürdürülebilir atık yönetimi; çevresel, ekonomik ve sosyal yönleriyle gerçekleştirilmek istenen sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır. Atıklar, sürdürülebilirlik bakımından iki önemli etkiye sahiptir. İlk olarak, oluşan atıklar kaynakların ne derece etkin ya da verimli kullanıldığının bir göstergesidir; ikinci olarak ise, atıkların çevreye duyarlı ve ekonomik biçimde uzaklaştırılması gereğidir. Atık yönetiminin ilk kuralı atık üretilmesinin engellenmesi, aynı zamanda kaynakların korunması anlamına gelmektedir. Atık, yok edilmesi gereken bir madde değil geri kazanılması gereken kaynak olarak görülmektedir. Sürdürülebilir atık yönetiminin hedefi, kaynakların kullanımında döngüsel sürece geçerek nihai tüketim sonucunda

oluşan atıkların faydalı amaçlar doğrultusunda tekrar kullanılmasıdır. Bu nedenle sürdürülebilir atık yönetimi kavramı, toplumsal yaşamda değişik sektörlerce üretilen atıkların yönetiminde, depolama alanlarında ve yakma tesislerinde kaybolan atıkların/kaynakların en aza indirilmesi ve engellenmesi, geri kazanım oranlarında en yükseğe ulaşılması, geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkün olmayan materyallerin ise tekrar kullanımı ve geri kazanımı mümkün olanlarla değiştirilmesini amaçlamaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi, önem sırasına göre dört aşamalı karar sürecini gerektirmektedir: Atık üretiminden olabildiğince kaçınılması; Atık üretiminin kaçınılmaz olduğunda atıkların geri kazanılması; geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda, atıkların enerji üretiminde kullanılması; Tüm bu aşamalar geçildiğinde, atıkların son uzaklaştırma için en uygun çevresel seçeneğin geliştirilerek uygulanmasıdır. Karar sürecinin her aşamasında eğitim, açık ve net düzenlemeler, yeterli teknik donanım, halkın aktif katılımı ve mali destekler önem taşımaktadır. Süreçte yer alan katı atık yönetim sistemi aktörlerine: Yerel yönetimlere, merkezi yönetime, özel sektöre, gönüllü kuruluşlara ve tek tek bireylere önemli sorumluluklar düşmektedir.

2.1.1. Çevre ve Orman Bakanlığı'nca önerilen atık yönetim piramidi

Atık Yönetim Piramidi üst basamaktan alt basamaklara doğru değerlendirilir. Yani ilk aşama atığın oluşmasının önlenmesi, eğer bu sağlanamıyorsa atığın minimizasyonu, diğer bir deyişle atığın en aza indirilmesi amaçlanır. Daha sonra atığın yeniden kullanımı eğer bu da mümkün olmuyorsa önce geri dönüşüm ve sonra enerji geri kazanımı amaçlanır. Bu uygulanan yöntemlerden sonra elimizde kalan atığa ya da bu yöntemleri uygulayamadığımız atığa yapılacak en son işlem bertaraftır (Düzenli depolama, yakma gibi).



Şekil 2.1. Atık yönetim piramidi

Çağdaş katı atık yönetiminin 3 ilkesi;

- Tüm aşamalarda en az katı atık oluşturan üretim teknolojilerinin seçimi ve uygulanması,
- Oluşan atıkların olabildiğince yüksek oranda geri kazanımı,
- Hiçbir şekilde kullanılmayan veya değerlendirilemeyenlerin de çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf etmektir.

Çevre Kanununa Göre;

- Atık üreticileri uygun metot ve teknolojiler ile atıklarını en az düzeye düşürecek tedbirler almak zorundadırlar. Atıkların üretiminin ve zararlarının önlenmesi veya azaltılması ile atıkların geri kazanılması ve geri kazanılabilen atıkların kaynağında ayrı toplanması esastır.
- Atık yönetim plânlarının hazırlanmasına ilişkin esaslar Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir. Geri kazanım imkânı olmayan atıklar, yönetmeliklerle belirlenen uygun yöntemlerle bertaraf edilir.
- Atık geri kazanım, geri dönüşüm ve bertaraf tesislerini kurmak ve işletmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler, yönetmelikle belirlenen esaslar doğrultusunda, ürün standardı, ürünlerinin satışa uygunluğu ve piyasadaki denetimi ile ilgili izni, ilgili kurumlardan almak kaydı ile Bakanlıktan lisans almakla yükümlüdür.

2.1.2. Atık yönetimi nasıl yapılmalıdır?

Uygulanabilir ve verimli bir Atık Yönetimi için aşağıdaki adımların uygulanması gerekir.

- **Yetkili / Sorumlu Belirlemek:** Atığa ait işlemlerin tek elden ve sorunsuzca yürütülebilmesi için ilk adım olarak bu konuda bir sorumlu belirlenmeli ve bu kişi tarafından yeterli sayıda personelden oluşan bir Çevre birimi oluşturulmalıdır. Sorumlu tarafından atık toplamakla görevli personeller, atık geçici depolama alanı sorumlusu gibi diğer görev paylaşımları da yapılmalıdır.
- **Atığın Tanımlanması:** Tesiste ortaya çıkan tüm atıklar ilk önce tanımlanmalı ve kaynakları belirlenmelidir. İlk olarak belediye tarafından alınan evsel nitelikli katı atıklar, ambalaj atıkları ve endüstriyel nitelikli atıklar (tehlikeli atıklar, atık yağlar, kontamine (herhangi bir tehlikeli atık/atık yağ bulaşmış) ambalaj atıkları belirlenmelidir. Bunların oluşum sıklığı ve miktarları tespit edilmelidir. Bu atıkların hangi mevzuata tabi olduğu, nasıl toplanması, taşınması, geçici depolanması gerektiği, maksimum depolama süresi gibi hususlar belirlenmelidir.
- **Kaynağında Ayrı Toplama:** Tüm atıkların kaynağında ayrı toplanması için bu atıkların oluştuğu yerlere yeterli büyüklükte ve sayıda atığın türüne ve niteliğine uygun konteynırlar konmalıdır. Tehlikeli atıklar için kapalı konteynırlar kullanılmalıdır. Her bir konteynır üzerine, içerisine atılacak atığın türünü belirten bilgi ve uyarı etiketleri yazılmalıdır. Eğer mümkünse farklı atıklar için farklı renklerde konteynırlar da kullanılabilir. Bu şekilde bir uygulama atıkların kaynağında ayrı toplanmasındaki başarıyı yükseltecektir. Çizelge 2.1 a ve 2.1 b' de atıkların toplama öncesi ve sonrasında kaynağından ayırmanın avantajları ve dezavantajları gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. a) Katı atıkların toplama öncesi kaynağından ayrılması

Toplama Öncesi Ayırma	
Avantajlar	Dezavantajlar
<ul style="list-style-type: none"> • Toplama sonrası az ayıklama işlemi • Ayıklama ünitelerinde düşük yatırım maliyeti • Yüksek ikincil kaynak listesi • İyi pazarlanabilirlik 	<ul style="list-style-type: none"> • Atık üretim sahasında yüksek emek ihtiyacı • Toplama makineleri için harcamalar • Az sayıda ilgili atık sınıflamasında sınırlama • Geniş alan kaplayan fazla miktarlarda konteynır kullanımı

Çizelge 2.1. b) Katı atıkların toplama sonrası kaynağından ayrılması

Toplama Sonrası Ayırma	
Avantajlar	Dezavantajlar
<ul style="list-style-type: none"> • Atık üretim sahasında az harcama • Kazanımda az masraf • Yüksek verimlilik • Sayısız atık sınıflamasından kurtulma imkanı 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek ayıklama masrafı • Düşük ikincil kaynak listesi • Sınırlı pazarlanabilirlik • Ayıklama ünitelerinde yüksek yatırım maliyeti

- **Personel Eğitimi:** Gerek atık yönetiminden sorumlu ekibe, gerekse tüm personele atık yönetimi konusunda eğitim/bilgi verilmeli, herkesin üzerine düşen vazifeler bildirilmeli ve atıkların ayrı toplanması konusunda herkesin hassasiyet göstermesi hususları hatırlatılmalıdır.
- **Geçici Atık Depolama Sahası Kurulması:** Kaynağında farklı konteynırlarla ayrı olarak toplanan atıkların tesis içerisinde güvenli ve mevzuata uygun şekilde geçici depolanması için bir “Geçici Atık Depolama Alanı” kurulmalıdır. Tehlikeli atıklar, ambalaj atıkları ve evsel atıklar için farklı depolama sahaları kurulabilir. Tehlikeli atıkların geçici depolanacağı alan; tesis sahası içerisinde, sızdırmaz beton zeminli, üzeri kapalı, dökülme ve sızıntılara karşı önlem alınmış, farklı atıklar için farklı bölümler oluşturulmuş ve farklı atıkların bu bölümlerde ayrı olarak uygun şekilde (gerektiğinde konteynır içerisinde) depolanacağı bir alan olmalıdır. Bu alandaki bölümlerde depolanan atıkların isimleri yazılır. Bölümlere ve atık depolanması için eğer konteynır kullanılıyorsa konteynır üzerine atığın kodu, depolama tarihi gibi bilgiler yazılır. Bu bölüme yetkisiz kişilerin girişlerine karşı önlem alınır. Ayrıca bu sahada yangına ve acil durumlara karşı tedbir alınır. Aynı şekilde ambalaj atıkları ve evsel atıklar için kullanılan alanda yağmur, rüzgar gibi etkenlerle atıkların etrafa dağılmasına karşı önlem alınır.
- **Ön İşlem:** Ambalaj atıkları, tehlikeli atık ile kontamine olmuş ambalajlar (mesela boya tenekeleri) depolanırken ve taşınması esnasında daha az yer kaplaması için mümkünse sıkıştırılmalıdır. Sulu atıklar ise mümkün olduğunca

susuzlaştırılmalıdır. Bu önlemler ağırlık ve maliyet açısından firmaya önemli ekonomik avantaj sağlamaktadır.

- **Atıkların Bertaraf / Geri Kazanıma Gönderilmesi:** Geçici depolama alanındaki atıkların bertaraf/geri kazanımı için araştırma yapılmalı bu konuda lisanslı tesislerle görüşme yapılarak atığı alacak yetkili tesis seçilmelidir.
- **Kayıtların Tutulması:** Yapılan tüm işlemlere ait kayıtların düzenli olarak tutulması gerekir. Bu da atık beyan formlarının düzenlenmesinde, atık Yönetim Planlarının hazırlanmasında ve olası revizyonlarda kolaylık sağlar.

Katı atık yönetiminin amacı; atıkların havaya, suya ve toprağa zarar vermeden hijyenik koşullarda ve en ekonomik şekilde biriktirilmesi, toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesidir. Katı atık üretiminden (oluşumundan) son bertarafa kadar yönetim ile ilgili aktiviteleri 6 grup altında toplamak mümkündür:

- Atık üretimi, oluşumu
- Yerinde toplama, depolama
- Dışarıda toplama (konteynırların cinsi, büyüklüğü v.b.)
- Transfer, transport (transfer; atıkların daha küçük toplama araçlarından daha büyük taşıma araçlarına nakli. Transport; atıkların bertaraf yerlerine son taşınımı)
- Geri kazanım ve prosesler
- Bertaraf

2.1.3. Atıkların minimizasyonu

Dünyanın çeşitli yörelerindeki insanların atık maddelerin azaltılması için çözüm yolları bulmak üzere geliştirdikleri girişimlerden hareketle “yumuşak tüketim yolu” çizilmesi mümkündür. Bu yeni yönelim sonrası yapılmaya başlanılan çalışmalar sonucu alınacak basit önlemlerle bile üretim sürecinden faydalı bir ürüne dönüşmeden geçerek atık haline gelen hammaddelerin daha etkin kullanımı sonucu bu kayıpların önlenebileceği ve aynı zamanda atık üretiminin de azalabileceği ortaya çıkmıştır.

Bunu ürünlerin maddesel içeriklerinin azaltılması, üretim için kullanılan ham maddelerin çevreye daha az zararlı olanlar ile değiştirilmesi, üretim ve kullanım sürecinde gerekli olan su ve enerji ihtiyaçlarının düşürülmesi gibi yaklaşımlar izlenmektedir. Sonuçta atık azaltılması, geri dönüştürme, yeniden kullanım, ürün ve hizmetlerin çevreye daha duyarlı tasarımı vb. konular üzerinde yapılan araştırmalar hızla artmaktadır.

Atık yönetiminin temel hedefi olan atık minimizasyonunu, atık üretiminin önlenmesi veya azaltılması, üretilen atığın kalitesinin artırılması, zararlarının indirgenmesi; geri dönüşümün, yeniden kullanımın ve geri kazanımın özendirilmesi şeklinde tanımlayabiliriz. Ürünlerin, hammaddenin ve enerjinin sorumlu ve dikkatli kullanımı, atık azaltmada uygulayacağımız temel fikir ve eylemlerdir. Bunun da adı Toplam Kaynak Koruması'dır.

Atığın oluşumunu önleyen ya da miktarını azaltan yöntemler önem sırasına göre şöyle sıralanabilir:

- 1- Kirlilik / Oluşumunu Önleme
- 2- Geri Dönüşüm
- 3- Arıtma
- 4- Bertaraf Etme

Üretim süreci boyunca atığın oluşmasını önleyen Kirlilik Önleme yöntemleri, çevre yönetiminde önceliklidir. Bu yöntemde; “temiz üretim teknolojileri kullanılmalı, atık yakma tesisleri de ortadan kaldırılmalıdır” esasına dayanır. En kısa yolu, kaynak kullanımının en aza indirgenmesidir. Kullanımdan önce alınan önlemleri kapsar.

2.1.3.1. Kirlilik önleme

Kirlilik Önleme kavramı konu üzerinde önemli katkıları olan üç kuruluş tarafından şöyle tanımlanmaktadır:

Birleşmiş milletler çevre programı (UNEP): Bütünsel önleyici bir çevre stratejisinin ürün ve süreçlere sürekli olarak uygulanması ile insanlar ve çevre üzerindeki risklerin azaltılması.

ABD çevre koruma kurumu (USEPA):

- Her türlü tehlikeli madde ve kirleticinin doğrudan doğal alıcı ortamlara verilmesi ya da geri dönüştürme, arıtım ve nihai depolama süreçleri öncesi atıklara karışmasını önleyen/azaltan,
- Her türlü tehlikeli madde ve kirleticinin deşarjı kaynaklı halk sağlığı ve çevresel zararları önleyen/azaltan,
- Kirleticileri hammaddelerin verimli kullanılması ya da doğal kaynakların korunması ile azaltan ya da yok eden her hangi bir etkinlik.

Kanada Çevre Bakanlığı: Kirletici ya da atık oluşumunun kaynağında azaltılması ya da önlenmesine yönelik olarak endüstriyel, ticari ve kurumsal atık üreticilerinin ya da bireylerin temel davranış biçimlerinin değiştirilmesini destekleyen, cesaretlendiren ve gerektiren herhangi bir etkinlik.

Kirlilik Önleme stratejilerinin bir kuruluş için geliştirilmesi ve uygulanması pek çok yönden faydalı olabilir. Bu tür stratejiler ile elde edilebilecek faydalardan bazıları şu şekilde incelenebilir:

- Ekonomik Faydalar
- Yönetmelikler ile Uyum
- Daha İyi Bir Toplumsal Amaç
- Yasal Yaptırımlar
- Çalışanların Motivasyonu

Kirlilik Önleme yaklaşımlarının benimsenmesi, yaygınlaşması ve uygulanmasına engel olabilecek bir takım faktörler de gözden geçirilmelidir. Bu faktörlerden bazıları da aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- Ekonomik engeller
- Uygulama ve yönetim ile ilgili engeller
- Yönetimin ilgisizliği
- Finansman
- Ürün/hizmet kalitesi
- Çalışanların direnci
- Süreklilik

Kirlilik önleme hem ekonomik kazanç sağlayan, hem de çevreye daha az zarar vererek varlıklarını ve hizmetlerini sürdürmelerini temin eden bir anlayış, bir görüş, bir stratejidir. Bu stratejinin başarılı olması için pek çok araçtan yararlanmak mümkün ve gereklidir. Bu araçlardan bir kaç tanesi;

- Çevre yönetim sistemleri,
- Hayat boyu değerlendirme,
- Çevresel muhasebe,
- Çevre performans göstergeleri,
- Çevresel tasarım,
- Çevresel iletişim ve raporlama,
- Eko-verimlilik,
- Çevresel vergiler,
- Çevresel etiketleme, ve çevresel denetleme olarak verilebilir.

Kirlilik Önleme uygulamaları bir ürünün yaşam döngüsünün (life-cycle) pek çok aşamasında gerçekleştirilmektedir (hammadde temini, üretim, kullanım ve kullanım sonrası bertaraf). Bu bağlamda pek çok uzmanlık alanı ve meslek grubu farklı biçimlerde bu süreçte yer alır. Bu uzmanlık alanları ve meslek grupları üretim süreci ve yaşam döngüsü aşamalarında farklı araçlar ve yöntemler kullanılabilir. Kirlilik önleme araç ve metotları şu şekilde sıralanabilir:

- Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED)
- Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD)
- Çevre Teknolojisi Değerlendirme (ÇTD)
- Kimyasal Değerlendirme (KD)
- Atık Denetleme (AD)
- Enerji Denetleme (ED)

2.1.3.2. Geri dönüşüm

Üretim sırasında atığın oluşumu önlenemiyorsa, artılacak/bertaraf edilecek atık miktarını mümkün olduğunca en aza indirmek için ‘geri dönüşüm’ ve ‘yeniden kullanım’ gibi yöntemler uygulanmalıdır. Katı atıklar içinde değerlendirilebilir olanların, ayrı toplanması, cinslerine göre ayrılması, fiziksel veya kimyasal ya da

biyolojik işlemlerle ikincil hammaddeye, tarım girdisine dönüştürülmesi ve enerji elde etmek için yakılması şeklindeki faaliyetlerin tümü geri kazanım olarak adlandırılır. Geri dönüşümün yararları şu şekilde sıralanabilir.

- **Doğal kaynaklarımız korunur:** Değerlendirilebilir atıkların bir hammadde kaynağı olarak kullanılması, yerine kullanıldığı malzeme için tüketilmesi gereken hammaddenin veya doğal kaynağın korunması.
- **Enerji tasarrufu sağlanır:** Geri dönüşüm sırasında uygulanan fiziksel ve kimyasal işlem sayısı, normal üretim işlemlerine göre daha az olduğu için, geri dönüşüm ile malzeme üretilmesinde önemli bir enerji tasarrufu sağlanır.
- **Atık miktarı azalır:** Geri dönüşüm sayesinde çöplüklere daha az atık gider ve buna ek olarak bu atıkların taşınması ve depolanması kolaylaşır, çünkü artık daha az çöp alanı ve daha az enerji gerekmektedir.
- **Geri dönüşüm ekonomiye yatırım demektir:** Geri dönüşüm sayesinde hammaddelerin azalması ve doğal kaynakların tükenmesi önlenecek, böylelikle ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır.

Geri dönüşümün 5 temel basamağı vardır. Bunlar;

1. **Kaynakta ayırma:** Değerlendirilebilir nitelikli atıkları, çöple karışmadan oluştukları kaynaktan ayırarak biriktirme
2. **Değerlendirilebilir atıkları ayrı toplama:** Bu işlem değerlendirilebilir atıkların çöple karışmadan temiz bir şekilde ayrı toplanmasını sağlar
3. **Sınıflama;** Bu işlem kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal plastik ve kağıt bazında sınıflara ayrılmasını sağlar
4. **Değerlendirme;** Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiye geri dönüşüm işlemidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döner
5. **Yeni ürünü ekonomiye kazandırma;** Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulmasıdır.

2.1.3.3. Arıtma

Atığın oluşumunun önlenemediği ya da miktarının azaltılamadığı durumlarda, hacmini ya da toksin içeriğini azaltmak amacıyla arıtım yapılır. Her ne kadar 'boru sonu' arıtma yöntemleri atık miktarlarında azalım sağlıyorsa da Kirlilik Önleme kadar verimli/etkin yöntemler değildir. Atıkların arıtımını sınıflandırmak gerekirse; katı, sıvı ve gaz atıklar olmak üzere üç ana başlıkta ele almak mümkündür.

- 1-Atık Su Arıtma
- 2-Ham Çamur Arıtılması

3-Gaz Atıkların Arıtılması

2.1.3.4. Bertaraf etme

Tüm atıklar göz önüne alındığında bunlar içerisinde katı atıkların miktar problemi yarattığı görülmektedir. Katı atık miktarının az ve dökülen alanın büyük olması durumunda doğada biyolojik olarak ayrışmaları mümkündür. Fakat miktarın çok olması durumunda katı atıklar gün geçtikçe daha büyük problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bertaraf yöntemleri çok önemlidir. Günümüzde katı atıklar için üç çeşit bertaraf yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemler:

- Düzenli depolama
- Kompostlaştırma
- Yakma'dır.

2.2. Beton

Beton; çimento, beton agregası, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşıp sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir (TS 802). Beton, çağımızda irili ufaklı birçok yapıda kullanılmakta olan en yaygın ve en popüler yapı malzemesidir. O halde, bu kadar önemli bir yapı malzemesinin, gerek betonu üretenler ve gerekse kullananlar tarafından çok iyi tanınması gerekmektedir (Kantar 1998). Çizelge 2.2'de Türkiye'de kullanılan beton sınıflarının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Buna göre, C25 ve C30 sınıfı betonların günümüzde oldukça fazla miktarlarda kullanıldıkları görülmektedir.

Çizelge 2.2. Türkiye'de kullanılan beton sınıflarının yıllara göre dağılımı

Kullanılan Beton Sınıfları	C14 (%)	C16 – 18 (%)	C20 (%)	C25 (%)	C30 + (%)
1996	37,50	52,30	6,40	3,40	0,60
1997	27,00	51,10	12,00	7,60	2,30
1998	24,40	45,40	18,00	8,10	4,10
1999	22,70	35,90	27,60	10,30	3,30
2000	11,50	25,10	41,30	13,20	4,90
2001	7,00	21,30	47,90	18,00	5,80
2002	5,90	21,10	46,90	19,20	6,90
2003	4,60	14,70	39,60	25,40	15,70
2004	3,30	10,30	40,60	30,70	15,10
2005	3,20	8,40	31,20	42,10	15,10
2006	2,92	7,66	35,09	36,56	17,77

2007	2,85	5,58	26,95	35,25	29,37
2008	2,76	5,51	22,13	38,76	30,84
2009	2,44	3,44	23,9	36,1	34,12
2010	1,99	2,39	14,62	38,45	39,33
2011	2,2	2,0	14,6	43,7	37,1
2012	1,6	2,2	14,2	43,1	38,4

2.2.1. Betonun oluşturulan malzemeler

Beton; imento, su ve agrega olmak üzere üç ana malzemeden oluşmaktadır. Gerektiği durumda, istenilen özellikleri sağlaması için bazı katkı maddeleri de ilave edilebilmektedir.

2.2.1.1. Çimento

Çimento, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve süreçler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur (pasta) oluşturulan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır (TS EN 197-1). Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütölüp toz haline getirilerek ve bu malzemeler 1400-1500°C'de döner fırınlarda pişirilerek klinker meydana getirilmektedir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenerek (%4-5 oranında) çok ince toz halinde öğütölmekte ve Portland imentosu elde edilmektedir. Katkılı imento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, imento tipine göre tek veya birkaçı bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, vb. katkı maddeleri kullanılmaktadır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir (Yardımcı 2005). En çok kullanılan imento tipleri ve sınıfları: Portland kompoze imento, katkılı imento ve sülfata dayanıklı çimentodur. Bunun dışında özel amaçlar için beyaz Portland imentosu ve diğer bazı tip çimentolar kullanılmaktadır. Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsur olduğundan, diğer iki unsur (imento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir. Çimento hamurunun mukavemeti önemli ölçüde su/imento oranına da bağlıdır (TS EN 197-1).

Çimento, belirli oranlarda kalker (%77) ve kil (%23) karışımının yüksek sıcaklıkta (1350-1450°C) pişirilmesi sonucu oluşan ve klinker olarak adlandırılan malzemenin çok az miktarda alçıtaşı (%3-6) ile birlikte öğütölmesi sonucu elde edilen, havada ve suda katılaşma özelliği gösteren, gri veya beyaz renkli inorganik esaslı hidrolik bağlayıcı türüdür. Betonun oluşturulan diğer önemli malzeme olan imento suyla "hidrasyon" adı verilen kimyasal reaksiyona girerek, ilk zamanlarda yumuşak plastik durumda olan imento hamuru zaman ilerledikçe sertleşip katılaşmaktadır. Çimento hamuru beton karışımının içerisinde bulunan agregaların yüzeyini kaplamakta ve aralardaki boşlukları doldurarak ve taneleri birbirleri ile bağlayarak bu kompozit malzemenin tek bir malzeme gibi davranmasını sağlamaktadır. Bu yönü ile üretilen betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir bileşendir. imentoyu oluşturulan ana bileşenlerin su ile birleşerek başlattıkları hidrasyon reaksiyonu ısıveren

bir reaksiyondur. Dolayısıyla çimentonun hidrasyon ısısının miktarı, betonun kullanılacağı yapı tipi için çok önemlidir. Hidrasyon nedeniyle oluşan ısı ile beton genişlemeye başlamakta ve dış ortamla temas eden yüzeyi soğuyarak büzülmekte, dolayısıyla betonun iç ve dış kısmının farklı davranması nedeniyle oluşacak gerilmeler sonucunda betonda çatlaklar oluşmakta ve beton geçirimli hale gelmektedir (Erdoğan 2003).

Çimentonun betona diğer önemli etkisi ise çimento cinsinin ve dayanımının oluşturduğu betonun mekanik özelliklerini değiştirmesine neden olmasıdır. Çünkü çimentonun dayanımının yüksek olması ile çimento hamuru parçalanmadan daha büyük gerilmelere maruz kalabilir ki bu da betonun dayanımını oldukça arttırmaktadır. Zaten çimentonun mekanik dayanımı zamanla arttığından betona asıl dayanım kazandıran beton bileşeni de çimentodur. Nisan 2002 yılında yayınlanan TS EN 197-1 standardında genel çimentolar için bileşim, mekanik, fiziksel, kimyasal ve dayanıklılıkla ilgili özellikler ile çimentonun uygunluk ölçütleri yer almaktadır.

2.2.1.2. Agregas

Beton üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırma taş gibi malzemelerin genel adına agrega denilir. Beton içinde hacimsel olarak %70-80 civarında yer işgal eden agrega önemli bir bileşendir. Agregalar, tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum, vs.) ve kaba (çakıl, kırma taş, vs.) agrega olarak ikiye ayrılır (THBB 2006). Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Sert ve dayanıklı olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür, vs.)
- Basınca ve aşınmaya karşı mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.

Agreganın kirliliği (kil, silt, mil, toz, vs.) olması aderansı olumsuz etkilemekte, ayrıca bu küçük taneler su ihtiyacını da arttırmaktadır. Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir. Betonda kullanılacak agregalar TS 706 EN 12620'ye uygun olmalıdır (THHB 2006).

Agrega beton üretiminde ve yapılarda kullanılan taneli malzemedir. Agregas, doğal, yapay veya geri kazanılmış tipte olabilmektedir. Doğal agrega mekanik işlem dışında farklı bir işleme tabi tutulmamış halde mineral kaynaklardan elde edilmektedir. Yapay agrega ısı veya diğer uygulamaları ihtiva eden bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli malzemedir. Geri kazanılmış agrega, önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen malzemedir. Beton üretiminde kullanılan agreganın; granülometrisi, maksimum tane boyutu, tane şekli, yüzey dokusu, agregadaki zararlı ve inorganik maddelerin türü ve miktarı, aşınmaya karşı direnci, dona dayanıklılığı, agregadaki mevcut su durumu,

agreganın su emme kapasitesi, birim ağırlığı ve özgül ağırlığı, vb. özellikleri, üretilecek betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyeceğinden doğrudan yapının servis ömrünü ve dayanıklılığını belirlemektedir. Beton üretiminde kullanılan malzemeler (çimento, su ve agrega) arasında en pahalı olan çimentodur. Agreganın maliyet fiyatı çimentoya göre çok daha ucuzdur (7-10 kat). Bu yüzden istenilen kalitede ve dolulukta beton üretmek şartıyla kullanılan agrega miktarının daha fazla olması betonun ekonomik olmasını sağlamaktadır. Agreganın kullanılması sadece ekonomik yönden değil, fiziksel ve mekanik açıdan da önemli katkılar yapmaktadır.

Çimento suyla reaksiyona girdiğinde oluşan çimento hamuru zamanla bünyesindeki suyun buharlaşmasıyla kuruyarak büzülme çalınan bir malzemedir. Beton üretiminde kullanılan agregalar çimento hamurunun bu büzülme isteğine karşı çıkarak, dolayısıyla betonun hacim değışikliğı ve buna bağılı olarak oluşabilecek çatlakların daha az olmasına neden olmaktadır. Agregaların sert ve dayanımı yüksek malzemeler olma özelliğı, betondan istenilen en önemli özellik olan basınç dayanımını etkileyen en önemli etkidir. Ayrıca sert ve dayanımı yüksek olan agregalarla üretilen betonlar, çevresel etkilere ve bu etkilerden dolayı aşınmaya karşı daha dayanıklı olmaktadır (Erdoğan 2003). Bütün cisimlerin dayanımı, içerisindeki boşluk yapısına ve oranına bağılıdır. Boşluk miktarı fazla ise, yani kompozite düşük ise, malzemenin yüksek dayanıma sahip olması imkânsızdır. Betonun büyük ölçüde oluşturan agreganın granülometrisi, betonun kompozitesini etkileyen en önemli unsurdur. Beton tasarımı karışım hesaplarında, hesaplanan toplam agrega hacminin maksimum dolulukta olması betonun kompozitesini artırır. Düşük kompoziteye sahip karışım agregası kullanıldığı takdirde, boşlukları doldurmak için çimento miktarı ve dolayısıyla betonun maliyeti artacaktır. Ek olarak, hidrasyon ısısının artması sebebiyle, betonun farklı davranışlar altında içyapısında oluşacak gerilmeler betonda çatlamalara neden olacaktır (Postacıoğlu 1987).

Yüksek performanslı beton üretebilmek için kullanılan agregaların bazı özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bu amaçla Nisan 2009'da yayınlanan TS 706 EN 12620+A1 "Beton Agregaları" standardında yer alan özellikler bakımından agrega, istenilen değerlerde olmalıdır. Bu standartta geometrik, fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından agregalarda yapılan deney sonuçlarının uygunluğu değerlendirilmektedir.

2.2.1.3. Karışım suyu

Betonun bir diğer önemli bileşeni sudur. Su, çimento ile hidrasyon reaksiyonunu yaparak karışımın sertleşmesini sağlamaktadır. Su, beton dayanımında önemli bir rol oynamaktadır. TS EN 206'ya göre karma suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır (Özkul 1999). Beton karma suyunun özellikleri Çizelge 2.3'te gösterilen şartları sağlamalıdır. Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi bulunmaktadır. Bunlar;

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

Çizelge 2.3. Beton karma suyunun özellikleri

Özellik	Kabul Şartı
Deterjanlar	Herhangi bir köpük iki dakika içerisinde kaybolmalı.
Renk	Geri kazanılan suların dışında rengi açık sarıdan daha açık olmalı
Askıda katı madde miktarı	Geri kazanılan suların dışında 4ml'den az olmalı.
Koku	Geri kazanılan sularda içinde çimento veya yüksek fırın cürufu çimento olması halinde az bir miktar sülfür kokusu dışında bulunmamalıdır. Diğer sularda içilebilir sularda bulunan dışında herhangi bir koku bulunmamalı, hidroklorik asit eklendiğinde hidrojen sülfür kokusu alınmamalıdır.
Asitler	pH \geq 4 olmalıdır.
Organik madde	NaOH eklendiğinde renk, sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.

Beton üretiminde kullanılan karma suyu miktarının betonun dayanımı üzerinde çok büyük etkisi olduğu, yapılan birçok araştırma ile kesin olarak anlaşılmıştır. Karma suyu miktarı arttıkça beton dayanımını önemli derecede azaltmaktadır. Yeterli miktarda su bulunmaması durumunda çimento hidrasyonu tam bir şekilde gerçekleştiremeyecek, betonu oluşturan malzemeler birbirleri ile yeterli aderans kuvvetine sahip olamayacaktır. Beton için gerekli olan suyun muhtelif fonksiyonları vardır. Su, çimentonun hidrasyonunu ve çimento hamuru ile agreganın tek bir kompozit malzeme olarak çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca betonun üretimi sırasında agrega tanelerini ıslatarak taze betonun işlenebilirliğini kolaylaştırmaktadır (Postacıoğlu 1987). Karışım suyunun genel olarak içilebilir özellikte olması istenmektedir. Uygun olmayan suyun karışımda kullanılması durumunda su içinde bulunabilecek yabancı ve zararlı maddenin/maddelerin çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyonları olumsuz yönde etkileyebileceği bilinmektedir. Buna bağlı olarak taze betonun priz (katılma) süresi, sertleşmiş betonun dayanımını ve dayanıklılığını etkilemektedir. Ayrıca betonarme yapılarda beton içinde yer alan donatılar, karma suyunda bulunabilecek muhtemel iyonlardan dolayı korozyona maruz kalacaktır (Erdoğan 2003).

2.2.1.4. Katkı maddeleri

Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmikserde az miktarda ilave edilen maddelere katkı adı verilmektedir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayırmak mümkündür (THHB 2010).

- Kimyasal katkı maddeleri, betonun fiziki ve kimyevi özelliklerinin bazılarında değişiklik yapmak amacıyla beton karışım suyuna belli oranlarda katılan maddelerdir. Kimyasal katkı maddeleri genel olarak sıvıdır, azda olsa toz halde bulunanlar da vardır. Sıvı katkı maddeleri, beton karışım suyuna çimentonun ağırlıkça yüzdesi olarak katılmaktadır. Halen kullanılmakta olan katkı maddelerini şu şekilde sınıflandırmak mümkündür; priz süresini hızlandırıcı

veya geciktirici, hava sürükleyici, karışım suyunu azaltıcı ve süper akışkanlık kazandırıcı katkıları (Şimşek 2004).

- Geçirimsiz katkıları genellikle tecrit maddeleri olarak anılmaktadır. Su geçirimsizliğini azaltan katkıları olarak iki grupta toplanmaktadır. Çimento hamuru, harç ve betonların kapiler su emmelerini ve rutubet geçirimsizliklerini önlemek için ise su itici katkıları kullanılmaktadır (Şimşek 2004).
- Genleşen katkıları gaz kabarcıklarının doğmasına ve taze betonun hacminin genleşmesine yol açmaktadırlar. En çok derzlerin doldurulmasında kullanılmaktadır. Çok ince öğütülmüş alüminyum tozu bu tür bir katkıdır (Şimşek 2004).
- Mineral katkıları, çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarda depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumanı, taş unu, vb. çeşitli maddelere “mineral katkı” adı verilmektedir. Mineral katkıları, tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımamaktadırlar. Ancak birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yapmakta, dolayısıyla çimento tasarrufu sağlamaktadırlar. Mineral katılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanılmaktadır (THHB 2010).

2.2.2. Betonun oluşturan malzemelerin betona etkisi

2.2.2.1. Çimentonun beton özelliklerine etkisi

Çimento, belirli oranlarda kalker (%77) ve kil (%23) karışımının yüksek sıcaklıkta (1350-1450°C) pişirilmesi sonucu oluşan ve klinker olarak adlandırılan malzemenin çok az miktarda alçıtaşı (%3-6) ile birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen, havada ve suda katılaşma özelliği gösteren, gri veya beyaz renkli inorganik esaslı hidrolik bağlayıcı türüdür. Betonun oluşturan diğer önemli malzeme olan çimento suyla “hidratasyon” adı verilen kimyasal reaksiyona girerek, ilk zamanlarda yumuşak plastik durumda olan çimento hamuru zaman ilerledikçe sertleşip katılaşmaktadır. Çimento hamuru beton karışımının içerisinde bulunan agregaların yüzeyini kaplamakta ve aralardaki boşlukları doldurarak ve taneleri birbirleri ile bağlayarak bu kompozit malzemenin tek bir malzeme gibi davranmasını sağlamaktadır. Bu yönü ile üretilen betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir bileşendir. Çimentoyu oluşturan ana bileşenlerin su ile birleşerek başlattıkları hidratasyon reaksiyonu ısıveren bir reaksiyondur. Dolayısıyla çimentonun hidratasyon ısısının miktarı, betonun kullanılacağı yapı tipi için çok önemlidir. Hidratasyon nedeniyle oluşan ısı ile beton genleşmeye başlamakta ve dış ortamla temas eden yüzeyi soğuyarak büzülme, dolayısıyla betonun iç ve dış kısmının farklı davranması nedeniyle oluşacak gerilmeler sonucunda betonda çatlaklar oluşmakta ve beton geçirimsiz hale gelmektedir (Erdoğan 2003).

Çimentonun betona diğer önemli etkisi ise çimento cinsinin ve dayanımının oluşturduğu betonun mekanik özelliklerini değiştirmesine neden olmasıdır. Çünkü çimentonun dayanımının yüksek olması ile çimento hamuru parçalanmadan daha büyük gerilmelere maruz kalabilir ki bu da betonun dayanımını oldukça arttırmaktadır. Zaten çimentonun mekanik dayanımı zamanla arttığından betona asıl dayanım kazandıran beton bileşeni de çimentodur. Nisan 2002 yılında yayınlanan TS EN 197-1 standardında

genel çimentolar için bileşim, mekanik, fiziksel, kimyasal ve dayanıklılıkla ilgili özellikler ile çimentonun uygunluk ölçütleri yer almaktadır.

2.2.2.2. Agreganın beton özelliklerine etkisi

Agrega beton üretiminde ve yapılarda kullanılan taneli malzemedir. Agregası, doğal, yapay veya geri kazanılmış tipte olabilmektedir. Doğal agregası mekanik işlem dışında farklı bir işleme tabi tutulmamış halde mineral kaynaklardan elde edilmektedir. Yapay agregası ısı veya diğer uygulamaları ihtiva eden bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli malzemedir. Geri kazanılmış agregası, önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen malzemedir. Beton üretiminde kullanılan agreganın; granülometrisi, maksimum tane boyutu, tane şekli, yüzey dokusu, agregadaki zararlı ve inorganik maddelerin türü ve miktarı, aşınmaya karşı direnci, dona dayanıklılığı, agregadaki mevcut su durumu, agreganın su emme kapasitesi, birim ağırlığı ve özgül ağırlığı, vb. özellikleri, üretilecek betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyeceğinden doğrudan yapının servis ömrünü ve dayanıklılığını belirlemektedir. Beton üretiminde kullanılan malzemeler (çimento, su ve agregası) arasında en pahalı olan çimentodur. Agreganın maliyet fiyatı çimentoya göre çok daha ucuzdur (7-10 kat). Bu yüzden istenilen kalitede ve dolulukta beton üretmek şartıyla kullanılan agregası miktarının daha fazla olması betonun ekonomik olmasını sağlamaktadır. Agreganın kullanılması sadece ekonomik yönden değil, fiziksel ve mekanik açıdan da önemli katkılar yapmaktadır.

Çimento suyla reaksiyona girdiğinde oluşan çimento hamuru zamanla bünyesindeki suyun buharlaşmasıyla kuruyarak büzölmeye çalışan bir malzemedir. Beton üretiminde kullanılan agregaları çimento hamurunun bu büzölme isteğine karşı çıkarak, dolayısıyla betonun hacim değişikliği ve buna bağlı olarak oluşabilecek çatlakların daha az olmasına neden olmaktadır. Agregaların sert ve dayanımı yüksek malzemeler olma özelliği, betondan istenilen en önemli özellik olan basınç dayanımını etkileyen en önemli etkidir. Ayrıca sert ve dayanımı yüksek olan agregalarıyla üretilen betonlar, çevresel etkilere ve bu etkilerden dolayı aşınmaya karşı daha dayanıklı olmaktadır (Erdoğan 2003). Bütün cisimlerin dayanımı, içerisindeki boşluk yapısına ve oranına bağlıdır. Boşluk miktarı fazla ise, yani kompozite düşük ise, malzemenin yüksek dayanıma sahip olması imkânsızdır. Betonu büyük ölçüde oluşturan agreganın granülometrisi, betonun kompozitesini etkileyen en önemli unsurdur. Beton tasarımı karışım hesaplarında, hesaplanan toplam agregası hacminin maksimum dolulukta olması betonun kompozitesini artırır. Düşük kompoziteye sahip karışım agregası kullanıldığı takdirde, boşlukları doldurmak için çimento miktarı ve dolayısıyla betonun maliyeti artacaktır. Ek olarak, hidrasyon ısısının artması sebebiyle, betonun farklı davranışlar altında iç yapısında oluşacak gerilmeler betonda çatlamalara neden olacaktır (Postacıoğlu 1987).

Yüksek performanslı beton üretebilmek için kullanılan agregaların bazı özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bu amaçla Nisan 2009'da yayınlanan TS 706 EN 12620+A1 "Beton Agregaları" standardında yer alan özellikler bakımından agregası, istenilen değerlerde olmalıdır. Bu standartta geometrik, fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından agregalarda yapılan deney sonuçlarının uygunluğu değerlendirilmektedir.

2.2.2.3. Karışım suyunun beton özelliklerine etkisi

Beton üretiminde kullanılan karma suyu miktarının betonun dayanımı üzerinde çok büyük etkisi olduğu, yapılan birçok araştırma ile kesin olarak anlaşılmıştır. Karma suyu miktarı arttıkça beton dayanımını önemli derecede azaltmaktadır. Yeterli miktarda su bulunmaması durumunda çimento hidratasyonu tam bir şekilde gerçekleştiremeyecek, betonu oluşturan malzemeler birbirleri ile yeterli aderans kuvvetine sahip olamayacaktır. Beton için gerekli olan suyun muhtelif fonksiyonları vardır. Su, çimentonun hidratasyonunu ve çimento hamuru ile agreganın tek bir kompozit malzeme olarak çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca betonun üretimi sırasında agrega tanelerini ıslatarak taze betonun işlenebilirliğini kolaylaştırmaktadır (Postacıoğlu 1987). Karışım suyunun genel olarak içilebilir özellikte olması istenmektedir. Uygun olmayan suyun karışımda kullanılması durumunda su içinde bulunabilecek yabancı ve zararlı maddenin/maddelerin çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyonları olumsuz yönde etkileyebileceği bilinmektedir. Buna bağlı olarak taze betonun priz (katılma) süresi, sertleşmiş betonun dayanımını ve dayanıklılığını etkilemektedir. Ayrıca betonarme yapılarda beton içinde yer alan donatılar, karma suyunda bulunabilecek muhtemel iyonlardan dolayı korozyona maruz kalacaktır (Erdoğan 2003).

2.2.3. Beton özelliklerini etkileyen diğer etkenler

Betonun karışımını oluşturmak üzere kullanılan temel malzemelerin (çimentonun, agreganın ve suyun) karılma işleminden hemen önce veya karılma işlemi esnasında beton karışımına katılan malzemelere “beton katkı maddesi” denir. Betonun farklı özelliklerini geliştirmek üzere üretilen birçok katkı maddesi bulunmaktadır. Beton katkı maddeleri genel olarak; kimyasal katkı maddeleri ve mineral katkı maddeleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Kimyasal katkılar (su azaltıcı, priz geciktirici, priz hızlandırıcı, vb.) organik veya inorganik kökenli olabilmekte ve çimento ağırlığının %5’inden fazla beton üretimine katılmamaktadırlar. Mineral katkı maddeleri (doğal puzolan, yüksek fırın cürufu, silis dumanı, uçucu kül, vb.) tek başına bağlayıcı niteliği olmayan, ancak ince öğütülmüş olarak kireç veya çimento ile birlikte kullanıldığında hidrolitik bağlayıcı özelliği kazanan silisli veya silisli ve alüminli malzemelerdir. Mineral katkılar %5’den başlayıp, %95’e kadar çimento ile yer değiştirmeli olarak kullanılabilirler. Beton katkı maddeleri, taze betonun işlenebilme, kıvam, su ihtiyacı ve priz süresi gibi özelliklerini istenildiği yönde değiştirmek ve terlemesini azaltmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Taze beton özellikleri, başta dayanım ve dayanıklılık olmak üzere sertleşmiş betonun tüm özelliklerini ve maliyetini etkilemektedir. Katkı maddeleri kullanarak gerek ilk günlerde gerekse nihai günde yüksek dayanımlı beton üretmek mümkündür. Ayrıca, beton katkı maddelerini kullanarak sertleşmiş betonun çevresel etkilerden dolayı maruz kalacağı ortam şartlarına karşı daha dayanıklı olabilmesi sağlanmaktadır (Erdoğan 2003).

Betonun üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri betonun karakteristik yapısı bakımından çok önemlidir. Ancak şantiyede veya hazır beton santralinde üretilen betonun, şantiyede kalıba yerleştirilmesi ve nihai dayanımını kazanana kadar geçen süredeki kürrü çok önemlidir. Betonun karışımında kullanılan malzemelerin özellikleri ne kadar iyi olursa olsun, kalıplara iyi yerleştirilemeyen betondan beklenen kalitenin elde edilmesi mümkün değildir. Taze betonun yerleştirilmesindeki en önemli hedef

betonun homojen özelliğini kaybetmeden ve segregasyon (ayrışma) yapmadan boşluksuz olarak kalıba yerleştirilmesidir.

Çimento ile su arasındaki reaksiyonlar sonucu oluşan hidrasyon ürünleri çimento hamuruna bağlayıcı özelliği kazandırmaktadır. Dolayısıyla betonun kazanacağı dayanım hidrasyonun ne ölçüde gerçekleşmiş olduğuna bağlıdır. Hidrasyon olayının gerçekleşebilmesi ve devam edebilmesi için çimento hamurunun içerisinde yer alan kapiler boşluklarda yeterli miktarda su bulunması gerekmektedir. O nedenle betonun üretimi, yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasından sonra betona uygulanacak bir sonraki işlem ise çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyonların oluşumunu ve hızını etkileyebilecek koşullara karşı önlem almaktır. Bu amaçla yerine yerleştirilen betonun sıcaklığının çok düşük olmamasına dikkat edilmeli ve hidrasyon için yeterli su bulunabilmesi için beton yüzeyinin sürekli ıslak tutulması ve buharlaşmanın azaltılması gerekmektedir (Erdoğan 2003).

2.2.3.1. Betonun karıştırılması

TS 11222 Standardında 1 m³'lük bir harman için en az 45 saniye, daha büyük harmanlarda ilave her 0,5 m³ için 15 saniye artırılarak karıştırma süresinin bulunabileceği belirtilmektedir. TS EN 206-1'de süre kısıtlaması bulunmamaktadır. Uygun süre denenerek bulunmaktadır (Alpman 2012).

2.2.3.2. Betonun yerleştirilmesi

Beton, zorunlu olmadıkça, yatay tabakalar halinde dökülmelidir. Her tabakanın kalınlığı bir önceki dökülen tabakayla birlikte sıkıştırılabilecek şekilde, 15-30 cm olmalıdır. Zemin üstüne beton dökülecekse, beton dökülmeye başlanmadan önce, toprak zemin yeterince sıkıştırılmalı ve yaklaşık 15 cm derinliğe kadar nemlendirilmelidir.

Beton serbest olarak 1,5 m'den daha yüksekte dökülmemelidir. Daha yüksekte dökülmesi gerektiğinde düşürme oluğu kullanılmalıdır. Beton kalıp kenarından başlanarak dökülmelidir (Alpman 2012).

2.2.3.3. Betonun sıkıştırılması

Beton yerleştirildikten sonra, içinde boşluk ve hava kalmayacak şekilde sıkıştırılmalıdır. Betonun sıkıştırılması vibratörle yapılmalıdır. Zorunlu olmadıkça, şişleme veya tokmaktama ile sıkıştırma yapmaktan kaçınılmalıdır. Sıkıştırma işleminde içsel vibratörler tercih edilmelidir. Yeterli sıkıştırma sağlayacağı biliniyorsa, yüzey vibratörleri veya kalıp vibratörleri de kullanılabilir. Yüzey vibratörü kullanılıyorsa, sıkıştırılan tabakanın kalınlığı en fazla 20 cm olmalıdır (Alpman 2012).

2.3. Hazır Beton

Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye "taze beton" olarak teslim edilen betona "Hazır Beton" denir. Hazır betonu, şantiyede elle ya da betoniyele karıştırılarak hazırlanan betondan ayıran temel unsur, hazır betonun modern tesislerde, bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir.

2.3.1. Hazır betonun tarihçesi

Beton insanlık tarihinin gelişiminde ve eski medeniyetlerin günümüze kadar gelebilen eserlerinde önemli bir yere sahiptir. İnsanoğlu M.Ö. 3000 yılından itibaren kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı maddeleri yapı malzemesi olarak kullanmaktadır. Modern Portland Çimentosu, ilk kez 1824 yılında üretilmesine rağmen ilk betonarme yapı ancak 1857 yılında yapılmıştır (Usta 2005).

Hazır beton üretimi, dünyada ilk kez 20. yüzyılın başında (1903) Almanya'da ortaya çıkmış, sonraki birkaç yıl içerisinde de ABD'de üretilmeye başlanmıştır. 1914 yılında beton taşıma amaçlı transmiksör aracı ise ABD'de geliştirilmiştir. Transmiksörün hemen ardından 1927 yılında "Beton Harç İletme Pompası" aracı geliştirilerek patenti alınmıştır. Özellikle savaş yıllarından sonra, hazır betonun yapıların temel inşaat malzemesi olarak benimsenip, yaygınlaşmaya başlaması uzun sürmemiş, kısa zamanda pek çok ülkede hazır beton üretilip, kullanılır hale gelmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte hız kazanan kentleşme ve altyapı çalışmaları, hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilip, yaygınlaşmasını sağlamış, dolayısıyla bu alanda pek çok teknolojik gelişme kaydedilmiştir (Usta 2005).

Ülkemizde ise hazır beton ilk kez 1970'li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda hazır beton endüstrisine 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren geçilmiştir. Kısa dönemde hazır beton sektörü çok büyük gelişme göstermiş, en son teknolojik donanımlar ile birlikte deneyimli bir güce sahip olmuştur (Usta 2005). Hazır betonun dünyadaki gelişimi ise kronolojik olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1848 İlk çimento fabrikası (İngiltere)
- 1857 Betonarme sisteminin bulunuşu (Fransa)
- 1865 Yüksek fırın cürufunun Portland çimentosu ile birlikte kullanımı (Almanya)
- 1903 Hazır beton sektörünün başlangıcı (Almanya)
- 1936 Kimyasal katkıların kullanımı (Almanya)
- 1950 Uzun dönem testler için silis dumanının deneysel olarak kullanımı (Norveç)
- 1965 Süper akışkanlaştırıcıların betonda kullanımı (ABD)
- 1971 Silis dumanının taşıyıcı betonda kullanımı (Norveç)
- 1981 Üçlü karışım (Portland çimentosu, silis dumanı, uçucu kül) çimentonun ilk kez kullanımı (İzlanda).

Çizelge 2.4'te çeşitli ülkelerin hazır beton kullanımına başladığı yıllar gösterilmektedir. Türkiye hazır beton sektörüne 1976 yılında giriş yapmıştır.

Çizelge 2.4. Çeşitli ülkelerin hazır beton sektörüne başlangıç yılları (Demiryürek 2007)

Almanya	1903
İngiltere	1930
Norveç	1930
Fransa	1933
İspanya	1942
Hollanda	1948
Belçika	1956
Avusturya	1961
İtalya	1962
İsrail	1963
Portekiz	1966
Yunanistan	1968
Türkiye	1976

Çizelge 2.5'te Türkiye Hazır Beton Birliği'nin (THBB) verilerine göre, 2011 yılına ait hazır beton üretim miktarlarını göstermektedir. Üretilen milyon m³ cinsinden bakıldığında Türkiye oldukça yüksek miktarlarda beton üretmiştir ve kişi başına üretim de oldukça yüksektir.

Çizelge 2.5. ERMCO'ya üye ülkelerin 2011 yılına ait hazır beton üretim miktarı (THBB 2013)

Ülke	Üretim (milyon m ³)	Kişi başı Hazır Beton (m ³ /kişi)
İspanya	30,8	0,67
İtalya	51,8	0,86
Türkiye (2012)	93	1,24
Almanya	48	0,59
Fransa	41,3	0,64
Birleşik Krallık (UK)	16,7	0,27
Portekiz	6,1	0,57
Belçika	11,6	1,07
Polonya	23,7	0,62
İrlanda	2,4	0,53
Hollanda	8,8	0,53

Norveç	3,5	0,72
İsveç	3,3	0,35
Avrupa Ortalaması		0,61

Çizelge 2.6, Avrupa Hazır Beton Birliği'nin (ERMCO) yıllara göre hazır beton üretim miktarlarını göstermektedir. Buna göre, beton üretiminde de Türkiye'nin dünyada oldukça önemli bir üretici konumunda olduğu söylenebilir.

Çizelge 2.6. ERMCO (Avrupa Hazır Beton Birliği) üye ülkelerde hazır beton üretim miktarları (ERMCO 2013)

Ülkeler	Toplam Hazır Beton Üretimi (milyon m ³)			Kişi Başına Üretim (m ³ /kişi)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Avusturya	10,2	10,5	10,6	1,2	1,3	1,3
Belçika	10,8	11,6	12,5	1,0	1,1	1,2
Çek Cumhuriyeti	6,4	7,5	6,9	0,6	0,7	0,7
Danimarka	1,7	2,1	2,0	0,3	0,4	0,4
Finlandiya	2,6	3,0	2,7	0,5	0,6	0,5
Fransa	37,4	41,3	38,9	0,6	0,6	0,6
Almanya	42,0	48,0	46,0	0,5	0,6	0,6
İrlanda	2,7	2,4	2,1	0,6	0,5	0,5
İtalya	54,4	51,8	40,0	0,9	0,9	0,7
Hollanda	8,1	8,8	7,3	0,5	0,5	0,4
Polonya	18,6	23,7	19,5	0,5	0,6	0,5
Portekiz	7,5	6,1	3,7	0,7	0,6	0,3
Slovakya	2,4	2,3	1,9	0,4	0,4	0,3
İspanya	39,1	30,8	21,6	0,9	0,7	0,5
İsveç	3,3	3,3	3,3	0,4	0,4	0,4
İngiltere	15,7	19,2	17,6	0,3	0,3	0,3
Toplam/Ortalama AB	262,9	272,4	236,6	0,6	0,6	0,6
İsrail	11,0	12,0	13,0	1,5	1,6	1,6
Norveç	3,0	3,5	3,7	0,6	0,7	0,8
İsviçre	11,6	12,5	13,0	1,5	1,6	1,7
Türkiye	79,7	90,0	93,0	1,1	1,3	1,3
Toplam/Ort. ERMCO	368,2	390,4	359,3	0,7	0,7	0,7
Rusya	4,0	4,0	5,0	0,3	0,3	0,3
ABD	118,0	120,0	140,0	0,7	0,7	0,7
Japonya	75,0	77,0	80,0	0,7	0,7	0,7

Çizelge 2.7. ERMCO üyesi ülkelerde beton üretim miktarları (ERMCO 2013)

Ülkeler	Toplam Beton Üretimi (milyon m ³)		
	2010	2011	2012
Avusturya	15,0	15,0	15,0
Belçika	18,0	19,0	23,7
Çek Cumhuriyeti	11,6	11,0	10,6
Danimarka	3,1	4,1	4,0
Finlandiya	4,0	4,6	4,1
Fransa	54,0	59,0	55,0
Almanya	71,3	71,3	67,9
İrlanda	3,2	2,8	2,5
İtalya	68,5	65,2	58,8
Hollanda	16,6	16,6	14,2
Polonya	33,8	43,1	34,8
Portekiz	15,0	10,0	7,0
Slovakya	3,2	3,0	2,4
İspanya	70,0	60,0	40,0
İsveç	5,0	5,0	5,0
İngiltere	28,5	30,5	28,0
Toplam/Ortalama AB	521,1	420,2	373,0
İsrail	11,0	12,0	13,0
Norveç	4,2	4,9	5,1
İsviçre	12,1	12,1	12,1
Türkiye	90,0	100,0	104,0
Toplam/Ort. ERMCO	638,4	549,2	507,2
Rusya	65,0	65,0	70,0
ABD	378,0	270,0	310,0
Japonya	119,0	123,0	128,0

2.3.2. Hazır betonun Türkiye'deki yeri

Ülkemizde hazır beton ilk olarak 1970'li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda hazır beton kullanımına 1980'li yılların ikinci yarısında geçilmiştir. Özellikle seksenli yılların sonuna doğru ülkemizdeki hazır beton sektöründeki yaşanan hızlı gelişmeye paralel olarak, üretici firmaların örgütlenme çabaları da yoğunlaşmış ve 1988 yılında, "Marmara Hazır Beton İmalatçıları Derneği" kurulmuştur. Hazır beton üretim ve tüketiminin ülke çapında hızla yaygınlaşması üzerine "Hazır Beton Üreticileri Birliği"ne dönüşen kuruluş, 1995 yılında, sektör ve ülke yararını gözeterek etkinlikleri nedeni ve Bakanlar Kurulu kararıyla "Türkiye Hazır Beton Birliği" adını almıştır.

Türkiye'de hazır beton sektörünün çok kısa bir tarihçesi olmasına rağmen bu sektör büyük bir hızla gelişen, dinamik bir sektördür. Türkiye hazır beton sektörü batının en teknolojik donanımlarına sahip olduğu gibi, deneyimli bir işgücüne de

sahiptir. Türkiye'deki hazır beton santralleri istenen sınıfta betonu üretebilecek niteliktedir (THHB 2013).

Türkiye Hazır Beton Birliği, ERMCO üyesi bir kuruluş olarak, ülkemizin katılmayı hedeflediği Avrupa Birliği'nde ve diğer ülkelerde beton konusundaki yeni hukuksal düzenlemeleri yakından izlemekte ve Türkiye'ye uyarlanmasına gayret etmektedir. TS 11222 Hazır Beton Standardı, THBB ve TSE'nin işbirliğiyle EN 206 Avrupa Beton Standardı paralelinde gözden geçirilerek yenilenmiştir (Neville 2000).

Türkiye'nin coğrafi bölgelerine göre hazır beton üretim miktarları dağılımı Çizelge 2.8 ile gösterilmiştir. Marmara Bölgesinin, üretim açısından ilk sırada olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.8. 2011-12 yıllarında Türkiye'de toplam hazır beton üretiminin bölgelere göre miktarları (THHB 2013)

Bölgeler	2011		2012	
	Hazır Beton Üretimi (m ³)	Bölgesel Oran	Hazır Beton Üretimi (m ³)	Bölgesel Oran
Marmara	34.300.000	37,9	33.500.000	36
Ege	9.050.000	10	9.550.000	10
Akdeniz	11.920.000	13	12.400.000	13
İç Anadolu Bölgesi	15.250.000	17	16.200.000	18
Karadeniz	9.980.000	11	9.800.000	11
Doğu Anadolu	4.440.000	4,9	4.800.000	5
Güney Doğu Anadolu	5.600.000	6,2	6.800.000	7
TOPLAM	90.540.000	100,00%	93.050.000	100,00%

Çizelge 2.9'da, Türkiye'de bulunan hazır beton firma ve tesis sayısının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Buna göre, firma ve tesis sayısının her yıl artmakta olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 2.9. Türkiye'deki hazır beton tesisleri (THHB 2013)

Yıllar	Hazır Beton Firması	Tesis Sayısı
1988	25	30
1993	70	110
1998	166	341
2003	238	429
2005	277	568
2006	409	718
2007	477	845
2008	462	825
2009	467	845

2010	500	900
2011	520	945
2012	540	980

Çizelge 2.10'da ise Türkiye'de bulunan, THBB'ye üye firma ve tesislerin sayıları gösterilmektedir. Bu veriler göz önüne alındığında, THBB'ye üye olmayan oldukça fazla sayıda firma ve tesis bulunduğu söylenebilir.

Çizelge 2.10. Türkiye'deki hazır beton tesislerinin Birliğe üyelikleri (THHB 2013)

	Firma	Tesis
THBB Üyesi (2012)	84	380
Türkiye Geneli	540	980

2.3.2. Hazır beton sektörü ile ilgili teknik bilgi

Hazır beton bileşenlerinin stoklanıp, kontrol altında karıştırılarak, hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmiksere dolunun yapıldığı tesislere "beton santrali" denir. Beton santralleri depolama şekillerine göre de "bunkerli" ve "yıldız tip" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yıldız tip santralde, santralin önünde yıldız şeklinde bir stoklama alanı vardır ve kova vasıtasıyla agregalar arkadaki karıştırma kazanına aktarılmaktadır. Bunkerli santralde ise agrega ve kumlar santralin önündeki bunkerlerde depolanarak, bantlı bir sistem ile karıştırma kazanına taşınmaktadır.

Hazır beton üretimi için malzemelerin karılma işleminde uygulanan, beton santralindeki merkezi mikserde karılma (yaş karışım), mikserde karılma (kuru karışım), ve beton santralindeki merkezi mikserde kısmen karıldıktan sonra mikserde karılma olmak üzere üç yöntem vardır. Türkiye'de hazır beton üretimi genel olarak "beton santralindeki merkezi mikserde karılma" yöntemi ile yapılmaktadır. Üçüncü yöntem diğer ülkelerde az kullanılmakta, Türkiye'de kullanılmamaktadır (Erdoğan 2003).

Hazır beton, çimento, doğal veya yapay agrega, su ve istenilen betonun niteliğine göre kullanılan kimyasal katkı maddelerinden oluşan ve transmikslerle nakledilerek beton pompası ile kalıba yerleştirilen bir karışımdır. Betonun mutlak hacmini yaklaşık olarak %75 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento, %15 oranında su oluşturmaktadır. Gerektiğinde, çimento ağırlığının %2'sinden fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilebilmektedir (Kantar 1998). Hazır beton üretiminin, su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santralde veya mikser kamyonunda yapılmasına göre iki farklı türü bulunmaktadır:

- a) Kuru Sistem
- b) Yaş Sistem

Yaş sistemde tartılan malzemeler bir büyük karıştırıcı (mikser) içine boşaltılmaktadır. Mikser içinde homojen bir hale gelinceye kadar karıştırılmaktadır. Hazırlanan bu karışım, mikserin tam altına yavaş bir transmiksere deposuna boşaltılmaktadır. Beton, hazır beton tesisinde yükleyerek şantiyeye götüren dönebilen bir depoya sahip kamyon şeklindeki araçlara transmiksere denilmektedir.

Kuru sistemde ise tartılan malzemeler doğrudan transmikserlere yüklenmektedir. Yaş sistemden farkı, tesiste bir ana karıştırıcının (mikser) bulunmamasıdır. Bu sistemde beton transmikser içinde karıştırılmaktadır. Bu nedenle, kuru sistemde çalışan transmikserlerin, yaş sistemdekinden farklı olması, homojen bir karıştırma yapabilmesi için özel paletlerinin bulunması gerekmektedir. Kuru sistemde, genellikle su, transmikser betonun döküleceği şantiyeye vardıktan sonra, transmikserin üzerinde bulunan bir depodan katılmaktadır. Transmikserin deposuna su katıldıktan sonra, depo yüksek devirde döndürülerek iyi bir karıştırma sağlanması gerekmektedir.

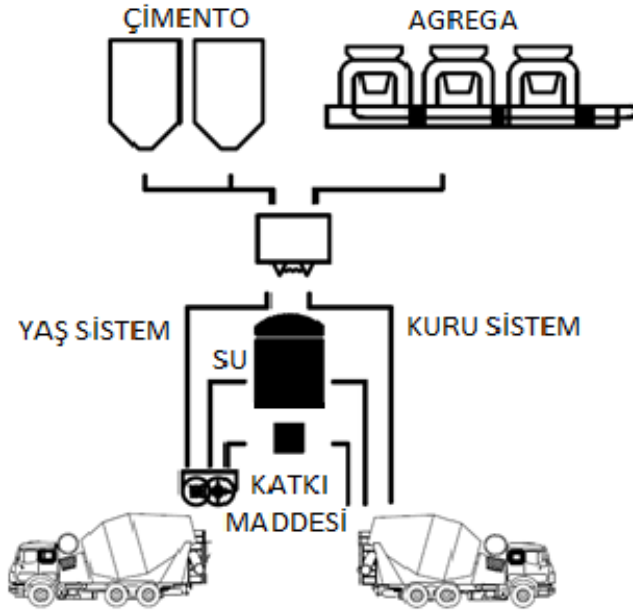
Agregalar kapalı ya da açık stok sahalarında depolanmaktadır. Agregaların taşınmasında iki yöntem vardır. Birinci yöntemde, santralin etrafına yıldız şeklinde, ayrı bölmelere konan agregalar, düşmeli - kepçeli bir vinç yardımı ile alınarak tartı haznesine taşınmaktadır. İkinci yöntemde ise, agregalar stok yerlerinden lastik tekerlekli kepçe yardımı ile alınarak agrega depolarına (bunker) konmaktadır. Daha sonra tartılmak üzere agrega kantarlarına taşınmaktadır. Yurdumuzda genellikle 6-10 m³ hacminde transmikserler kullanılmaktadır. Ancak yaş karışımda depo hacminin %80'i, kuru karışımda ise %65'inden fazla yükleme yapılmaması gerekmektedir. Ayrıca, beton taşınırken deponun düşük devirde (dakikada 1-4 devir) çevrilmesi gerekmektedir. Bir önemli nokta da transmikserlere beton yüklemeden önce içinde herhangi bir suyun (yıkama suyu gibi) bulunmamasının sağlanmasıdır (Alpman 2012).

Betonu oluşturan hammaddeler agrega (ince ve kaba), su, çimento, kimyasal ve mineral katkılarıdır. Bileşen malzemeler, betonun dayanıklılığını olumsuz etkileyebilecek veya donatı korozyonuna sebep olabilecek miktarda zararlı madde içermemeli ve betonda kullanım amacına uygun olmalıdır.

2.3.3. Hazır beton santralleri ve üretim

Hazır betonun üretim süreci, santral operatörünün üretilen betonun tanımlayan formülün numarasını belirleyip, bilgisayar sistemini işletmesiyle başlamaktadır. İlk komuttan sonra, ayrı bölmelerde stoklanmış bulunan agrega, çimento ve su aynı anda tartılmaktadır. Daha sonra tartılmış agrega, bant veya kovayla taşınarak mikser kazanına aktarılır. Eş zamanlı olarak çimento, su ve formülde varsa kimyasal katkı maddesi de kazana aktarılmakta ve karıştırılmaktadır (Çimsa 2010). Bir harman betonun hacmi santralden santrale değişmekle birlikte, genellikle 1-3 m³'tür. Santralde karışma süresi de harman hacmiyle orantılı olarak standartlar tarafından belirlenmiştir. Yeterince karıştırılmış olan harman, transmikserlere boşaltılır, dolum tamamlanıncaya kadar aynı işlem devam eder (Çimsa 2010).

Hazır beton bileşenlerinin depolanıp, kontrol altında karıştırılarak, hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmikserlere dolunun yapıldığı tesislere "beton santrali" denilmektedir (Aruntaş 1988). Beton santralinde çimento siloları, agrega bunkerleri, tartı bunkerleri, su tankı, katkı tankı ve mikser bulunmaktadır. Şekil 2.2'de bir beton santralinin şematik yapısı görülmektedir.



Şekil 2.2. Hazır beton tesisi

Günümüzde; düşey, yatay ve taşınabilir santraller olmak üzere toplam üç tür santral bulunmaktadır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.3.3.1. Düşey santraller

Bu santrallerde agregalar dozaj ve karıştırma donanımlarının üzerinde, karıştırma kulelerinde durmakta ve serbest düşme ile dozaj bölümünü geçerek cebri karıştırıcıya gelmektedirler. Düşey santraller sabit tesislerdir ve taşınmaları mümkün değildir. Silodaki malzemeler sıcaklık etkilerine karşı oldukça iyi korunabilmektedirler. Karıştırma kuleleri rahat çalışmayı ve bütün teknik imkânları mümkün kılmaktadırlar. Sıkıştırılmış beton kapasitesi büyüklük ve kullanılan cebri karıştırıcı sayısına bağlı olarak 50–130 m³ olmaktadır. Bazı özel durumlarda bu miktarı aşabilmektedir. Santrallerde bir veya iki cebri karıştırıcı kullanılmaktadır. Çift karıştırıcı kullanıldığında bunlar deşimeli çalışır ve kapasite iki katına çıkmaktadır (Özsöylev 1992).

2.3.3.2. Yatay santraller

Bu santral tiplerinde malzemeler yıldız tipi, yüksek silo ya da sıra siloda depolanmaktadır. Tartımdan sonra bir konveyör veya kova sistemiyle cebri karıştırıcıya getirilmektedirler. Bu tip santraller, yapılarına bağlı olarak az veya çok kolay taşınabilir olabilirler. Bu santrallerde tipik kapasite 50–110 m³ arası ya da bazen daha yüksektir.

2.3.3.3. Taşınabilir (mobil) santraller

Taşınabilir santraller yatay beton santrallerinin bir alt grubunu teşkil etmektedirler. Tasarımları mümkün derecede az masraflı ve çabuk monte ve demonte edilebilecek biçimde yapılmıştır. Tipik kapasiteler 50–110 m³/saat arasında

değişmektedir. Bu tür tesislerde malzeme stoku için sıra silo sistemi tercih edilmelidir. Taşınabilir beton santrallerinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Nakliye masrafının daha az olması (sabit beton santraline göre nakliye masrafı 3-4 kat daha ucuzdur).
- Çabuk kurulum ve devreye alma. Eğer bütün gerekli koşullar sağlanmışsa, mobil beton santrallerinin kurulum ve devreye alma süresi bir gün gibi kısa bir süreye sığdırılabilir. Benzeri kapasitedeki beton santralinin kurulumu ise 8-15 gündür.
- Temel masraflarının minimum olması. Genellikle bu tip santraller için özel temele ihtiyaç yoktur. Sadece bunkere agrega beslemek için her iki tarafından rampa yapılması gerekir. Ayrıca ilave çimento silosu varsa, bu silo için de temel yapılması gerekmektedir. Benzeri kapasitedeki sabit beton santralinin temel masrafları 2-3 defa daha fazladır.
- Kurulum için fazla bir alana ihtiyaç duymaması. Şantiyelerde kurulduğu zaman beton taşıma masraflarını minimuma indirmektedir.
- Çabuk demonte olabilme özelliği sayesinde, istenildiği zaman kısa sürede yer değiştirme olanağı sağlamaktadır (Demiryürek 2007).

2.3.3.4. Hazır beton üretimi

Hazır betonu, şantiyede elle ya da betonyerle karıştırılarak hazırlanan betondan ayıran temel unsur, hazır betonun modern tesislerde, bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir. Hazır beton kullanıcısının hazır betonda arayacağı nitelikler TS EN 206'da yer almaktadır.

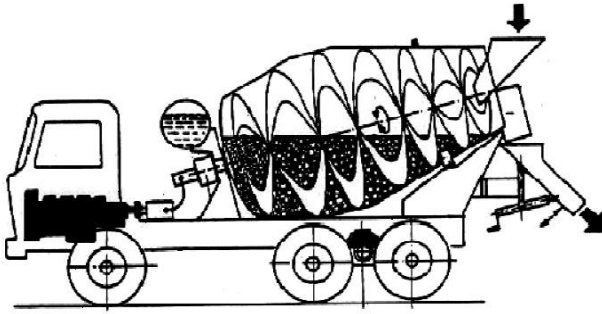
Hazır betonun başlıca iki üretim sistemi vardır: Yaş sistem ve kuru sistem. Kuru sistemde beton üretimi, özellikle 30 km.'nin üzerinde uzun taşıma mesafeleri söz konusu olduğunda kullanılmaktadır. Bu sistemde, beton bileşenleri su katılmaksızın transmiksler araçlarına yüklenir ve karışıma, betonun döküleceği yerde gerekli miktarda su ilave edilerek imalat gerçekleştirilmektedir. Yaş sistem beton üretiminde ise su dâhil tüm bileşenler beton üretim tesisinde karıştırılarak transmiksere yüklenmekte ve 0-30 km. uzaklıktaki döküm yerine gönderilmektedir. Her iki sistemde de, üretim tesisine getirilen mıcır, kum boyutlarına göre ayrı ayrı sınıflandırılarak, yıldız veya bunker tipi depolarda depolanmaktadır. Çimento ve katkıları ise özel imal edilmiş silo ve tanklarda depolanmaktadır. Beton cinsine göre hammaddelerin kullanım miktarları bilimsel yöntemlerle saptanmakta ve ilgili veriler otomasyon sistemindeki bilgisayara yüklenmektedir. Üretim, bu bilgisayarlar vasıtasıyla gerçekleştirilmekte ve hata oranı en aza indirilmektedir. Bilimsel metotlar kullanılarak oluşturulan beton bileşim formüllerine göre üretim santrallerinde bu hammaddeler özel pan mikserlerde karıştırıldıktan sonra transmiksere yüklenmekte ve döküm yapılacağı alana gönderilmektedir ve çoğunlukla pompalanarak kalıba dökülmektedir. Herhangi bir önlem alınmadığında iki saat içerisinde tüketilmesi gerekmektedir. Her iki sistemde de çimento, mıcır, kum, katkı ve su oranları bilgisayarla kumanda edilen üretim tesislerinde karıştırılmaktadır.

2.3.3.5. Hazır betonun taşınması

Hazır beton, özel katkı maddelerinin de yardımıyla üretiminden itibaren en çok 2 saat içerisinde tüketilmesi gereken, yarı mamul bir inşaat malzemesidir. Bu yüzden, betonun kullanılacağı yere zamanında ve özelliklerini kaybetmeden taşınması zorunludur. Taze betonun, özelliklerini kaybetmeden, şantiyedeki döküm noktasına zamanında ulaştırılabilmesi de "transmikser" adı verilen ve bu amaçla özel olarak tasarlanan kamyon benzeri araçlarla mümkün olabilmektedir (Şekil 5). Transmikser, geçen yüzyılın başlarında, hazır betonun inşaatlarda kullanılmaya başlanmasından kısa bir süre sonra, Türkiye göçmeni bir Amerikalı tarafından tasarlanmış ve daha sonra geliştirilip, çeşitli özellikler eklenerek, bugünkü şeklini almıştır (THBB 2010).

Transmikserler, kullanıcının eğitilmesini gerektiren karışık araçlardır. Bu nedenle transmikser kullanıcılarından, belli bir eğitimden geçerek, aracın bakımını çok iyi öğrenmeleri, trafik kurallarına uymaları beklenmektedir. Türkiye'de kullanılan transmikserlerin çoğunda beton aracın arkasından boşaltılır ve beton boşaltılan bu bölümde, nakliye sırasında betonun dökülmesini önlemek için tasarlanmış ekolojik kapak mevcut bulunmaktadır. ABD gibi gelişmiş ülkelerde genellikle şoför mahallinin üzerinde yer alan bölümden boşaltım yapılabilmektedir (THBB 2010).

Ön taraftan yapılan boşaltımlarda şoför yerinden kalkmadan, aracın pozisyonunu rahatlıkla kontrol edebilmektedir. 4, 6 ve 8 metreküp gibi farklı kapasitelerde transmikserler olup, Türkiye'de fazla rastlanmayan, üzerlerinde beton pompası olanlar da bulunmaktadır. Transmikserlerin bir çeşidi olan konveyörlü transmikserler, işlenebilirliği ve kohezyonu yüksek beton gerektiren pompalama işleminin tersine, birçok tip beton dökümünde kullanılabilir (THBB 2010).



Şekil 2.3. Transmikser kesiti (Demiryürek 2007)

Çizelge 2.11'de ERMCO verilerine göre ülkelerin transmikser sayıları ve kapasiteleri gösterilmiştir. Buna göre, Türkiye'nin, hazır beton üretim miktarıyla doğru orantılı bir şekilde transmikser parkına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.11. Ülkelerin transmikser sayıları ve kapasiteleri (ERMCO 2013)

Ülkeler	Transmikser Sayısı			Transmikser Kapasiteleri % (2012)		
	2010	2011	2012	< 8 m ³	8-10 m ³	>10 m ³
Avusturya	1715	1785	1800	8	89	3

Belçika	1550	1550	1550	2	58	40
Çek Cumhuriyeti	465	384	402	51	49	0
Danimarka	385	435	435	69	28	3
Finlandiya	500	500	470	95	4	1
Fransa	6350	6450	6350	7	87	6
Almanya	7200	7600	7300	4	92	4
İrlanda	550	525	500	10	90	0
İtalya	14000	12500	11000	2	98	0
Hollanda	1250	1200	1100	6	80	14
Polonya	2916	3066	3066	12	88	0
Portekiz	1500	1100	800	10	90	0
Slovakya	250	220	210	41	59	0
İspanya	10000	5000	4300	73	27	0
İsveç	820	820	820	10	80	10
İngiltere	2280	2280	2280	92	8	0
Toplam/Ortalama AB	51731	45415	42383	19	77	4
İsrail	1390	1470	1620	8	91	1
Norveç	875	925	1000	33	63	4
Türkiye	9700	10500	11000	2	70	28
Toplam/Ort. ERMCO	63696	58310	56003	16	76	8
Rusya	5500	5500	5500	70	20	10
ABD	67500	68000	70000	92	8	0
Japonya	50960	48611	47373	100	0	0

- **Transmikserler :** Kuru transmikserler hazır beton santralinden aldığı betonu yolda çevirmeden götürebilmektedir. Betonu karıştırma ve su vermesini şantiyede yapmaktadır. Bunların, tahrik sistemleri diğerlerine göre daha güçlü olmaktadır. Kazan içinde helezonların dışında karıştırma paletleri bulunmaktadır. Su püskürtme sistemi kazanın içerisinde aynı anda 6-7 ayrı yerden su verilerek beton yapılmaktadır. Karıştırma ve su verme işleminde daha dikkat istemekte, operatörlerin daha bilinçli olması, su saatlerinin doğru çalışması gerekmektedir. Bu transmikserlerin su kazanı daha büyüktür (2 ton) ve nakliye süresi en fazla 2 saattir.

Yaş transmikserler ise santralden aldığı, suyu verilmiş hazır betonu yolda min. 1-4 devir/dk'da kazanı çevirerek gitmektedir. Aynı şekilde taşıma süresi en fazla 2 saattir.

- **Beton pompası :** Betondan istenilen verimin elde edilmesi için standartlara uygun, kaliteli üretim kadar doğru yerleştirme ve uygulama da önemlidir. Fazla akıcı olmayan, plastik kıvamdaki taze betonun, özellikle çok katlı yapılarda, döküleceği kalıplara ulaştırılması zaman zaman sorun olabilmektedir. Ancak, betonu transmikserden alarak istenen yükseklik ve açıklıklara aktarabilen beton pompaları ile bu sorun aşılmaktadır. Önceleri daha çok, fazla miktarda beton gerektiren baraj yapımı veya güç santrallerinin inşaatlarında kullanılan beton

pompaları, günümüzde hemen her çap ve türdeki inşaatta rahatlıkla kullanılmaktadır. Özellikle kule vinci olmayan yüksek yapılarda olduğu gibi betonu elle veya diğer gereçlerle taşımanın çok güç olduğu durumlarda; yüksek miktarlardaki betonun hızla işlenmesi gereken durumlarda ve betonu getiren transmikserin döküm noktasına yeterince yanaşması mümkün olmayan durumlarda, sabit veya taşınabilir beton pompalarının kullanılması zorunludur. Pompa kullanılmadan beton dökümü yapıldığında, saatte ortalama 10–12 m³ beton dökülebilirken, modern beton pompalama teknolojisi kullanılarak yerleştirme hızı saatte 70 m³'e kadar ulaşabilmektedir. Pompa kullanımı inşaatın yapım hızını da yükselttiğinden ek kazanç getirmektedir. Yüksek hızda yapılacak beton dökümleri için inşaatçı firma tarafından iyi bir planlama yapılmalı ve sıkıştırma işlemi için yeteri kadar personel ve ekipman bulundurulurken, bitirme çalışmaları tamamlanmalıdır. Normal yapısal beton karışım tasarımı pompalama için düzeltmeye ihtiyaç gösterebilir; bu yüzden şantiye sorumlusu betonu "pompalı" isteyip istemediğini hazır beton üreticisi firmaya bildirmelidir. Beton pompaları, çoğunlukla maliyeti yüksek, ithal araçlar olduğundan, doğru kullanım ve bakımı da çok önemlidir. Bu yüzden, pompa operatörlerinin iyi eğitilmiş, aracı tanıyan, bakım ve kullanımı konusunda bilgili ve bilinçli kişiler olması gerekmektedir (Demiryürek 2007).

2.3.3.6. Hazır betonun dökümü

Betonun ürün nitelikleri korunarak, müşterinin şantiyesine transmikserle teslim edildikten sonra, pompa veya diğer araç- gereçle istenilen noktadaki kalıba yerleştirilmesi işlemine "beton dökümü" denir. Beton dökümünden yüksek verim elde edilmesi için bazı noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir.

- **Transmikser ile dökümler** : Transmikserin kapalı alana girmesi gerekiyorsa aracın gireceği yerin yüksekliği tesise bildirilmelidir. Transmikser altı boş bir döşemeye veya bozuk bir zemine çıkarılıyorsa 30 ton civarında toplam yük ve dingil başına 11 ila 13 ton yük olduğu varsayılarak zeminin kayma ve çökme tehlikesi dikkate alınmalıdır (Demiryürek 2007).
- **Pompalı dökümler** : İnşaata yaklaşım mesafesi, yatay ve düşey döküm erişim mesafeleri; inşaat, zemin ve pompa cinsine göre değişkendir. Pompanın kurulacağı zeminin altından geçen boru hattı veya üzeri kapatılmış boşluklar bildirilmelidir. Aynı şekilde yüksek gerilim hatları bildirilmelidir. Kolon betonlarında, pompa uç hortumu kalıp içine mümkün olduğu kadar sokulmalıdır; perde betonlarında, beton, kalıp yüzeyine çarptırılmamalıdır. Betonun hızını keserek, ayrışma ve kalıp deformasyonuna engel olunmalıdır. Pompa uç hortumunu tutan elemanların bom altında durmamasına dikkat edilmelidir (Demiryürek 2007).

Türkiye’de hazır beton firmaları aynı zamanda beton pompalarına da sahiptir. Beton siparişi verildiğinde, istenirse beton pompa yardımı ile kalıplara iletilmektedir. En büyük iletim uzaklığı pompanın gücüne bağlıdır. Transmikserler pompaya yaklaşarak betonu boşaltmaktadırlar. Beton, pompa yardımı ile borular içinde iletilerek kalıplara dökülmektedir. Betonun borular içinde tıkanmaya yol açmadan ve pompayı fazla zorlamadan iletilebilmesi

gerekmektedir. Pompalanabilir betonda, en büyük agrega dane büyüklüğü boru çapına bağlıdır. Kıırma taş agregası kullanıldığında en büyük agrega dane büyüklüğünün, boru çapının beşte birinden küçük olması istenmektedir. Çökme değeri 8-10 cm olan bir beton rahatlıkla pompalanabilmektedir. Betonun ayrışmaması için tanelerin birbirine iyi bir şekilde yapışması gerekmektedir. Betonda tanelerin bir arada bulunmasını, dolayısı ile ayrışmamasını ince malzemeler (300 mikrondan küçük) sağlamaktadır (Alpman 2012).

2.3.4. Beton geri dönüşüm sistemi

Beton geri kazanım ünitesi, transmikserler, beton pompaları, sabit mikserler ve beton taşıyıcı kovanlarındaki arta kalan betonun temizlenmesi sırasında ortaya çıkan atık su, agrega ve çimento israfını minimum seviyeye düşürmek ve yeniden kazanırken çevreyi de korumak amacıyla planlanmaktadır (Nallı 2006). Beton geri dönüşüm sistemi elemanları

- Yıkama tamburu
- Beton boşaltım oluğu
- Atık su karıştırıcısı
- Atık su için özel pompa
- Atık su havuzu ajitatöründen meydana gelmektedir.

Geri dönüşüm sistemi çalışma prensibinde, sistem aşağıda belirtilen 4 ana bölümden oluşmaktadır.

- Sistem atık su havuzu.
- Transmikserlere yıkama suyu verme sistemi
- Yıkama tamburu
- Santrale atık su basma sistemi

Yıkama Tamburu; içerisi boş iken devamlı 30 dakika durma ve 4 dakika dönme periyodu ile çalışmaktadır. İçerisi dolu ise araç çıkışından itibaren 10 dakika çalışmakta ve sonra periyodik durma – çalışma prensibine dönmektedir

Çıkış vibratörleri çalışarak yıkanan agregayı bir elekte süzerek agrega biriktirme bölgesine göndermektedir. Tambur içerisinden taşan su atık havuzuna geri dönmektedir. Transmikserin çıkmasından sonra, giriş vibratörleri durmaktadır. Çıkış vibratörleri 12 dakika daha çalışmakta ve sistem normal durma – çalışma prensibine geri dönmektedir.

Santral ve atık su havuzu arasında 15–20 metreden fazla mesafe olan yerlerde kullanılmaktadır. Pompanın önüne, santrale su basılmasından hemen sonra suyun geri kaçmaması için bir klape konmaktadır. Böylece borunun içerisi dolu bırakılarak santral bir kez daha su istediğinde suyun havuzdan santrale varması için oluşan zaman kaybı önlenmiş olmaktadır. Boruda çökelmeyi önlemek amacıyla 20 dakika içerisinde yeni bir su isteği olmaz ise pompanın önüne konulan klape açılmakta ve boru içerisindeki su havuza geri boşaltılmaktadır. Bu nedenle havuzdan santrale giden boru hattı mutlaka %5 eğimle döşenmelidir. Aksi takdirde, zaman içerisinde boru içerisinde çökeltme oluşacak ve boru kesiti kısmen ya da tamamen kapanacaktır (Coşkun 2007).

2.3.4.1. Geri dönüşüm

Farklı işlemlere maruz kalmış çeşitli alanlarda kullanılmış malzemelerin atıklarının kullanılarak yeni bir malzemeye dönüştürülmesi işlemine genel olarak “geri dönüşüm”, geri dönüşüm işlemleri ile yeniden enerji kazanımı sağlama işlemlerine ise “geri kazanım” denir. Bir başka ifade ile geri dönüşüm, kullanım dışı kalan atık malzemelerin kimyasal ve fiziksel yöntemlerle hammadde olarak imalat sürecine tekrar dâhil edilmesidir (Erdoğan 2003).

2.3.4.2. Geri dönüşümün önemi

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geri dönüşüm üzerinde geniş çaplı çalışmalar ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Dünya geneline paralel olarak ülkemizde de nüfus artışına bağlı olarak tüketim artmaktadır. Tüketimin artması atık madde miktarının artmasına dolayısıyla geri kazanılmış malzemeleri üretimde tekrar kullanmayı çevrenin korunması ve ekonomik yönden zorunlu hale getirmektedir. Bu ekonomik zorunluluk birçok ülkeyi geri dönüşüm sürecini yasalastırmaya götürmektedir. Gelişmiş ülkeler bazında bu konuda bir yarış süreci dahi başlamıştır. Geri dönüşümü bu derece önemli hale getiren birçok neden olmakla birlikte en önemli nedeni dünyada hammadde rezervlerinin zamanla azalmasıdır. Hammadde temini konusunda karşılaşılan bu sıkıntıya en etkili çözüm atık maddelerin geri dönüşüm ile yeniden hammadde olarak imalata katılmasıdır. Bir başka neden ise geri dönüşüm işlemi ile doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanmasıdır. Doğal kaynaklarımız, dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeniyle her geçen gün hızla azalmaktadır. Bu nedenle üretimde kullanılan ham malzeme miktarını azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynakların verimli kullanılması zorunluluğu doğmuştur. Geri dönüşümün bir diğer faydası da ekonomik getirisidir. Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde olumlu etki yapacaktır. Yeni iş imkânları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan yararlanma olanağı sunacaktır. Ayrıca geri dönüşümün yasal olarak zorunlu hale gelmesi ile birlikte geri dönüşüm sahasında yeni bir sanayi sektörü oluşmaya başlamıştır. Bu da ekonomik gelişim ve istihdam açısından olumlu olmaktadır. Hammadde üretimi geri dönüşüm ile birlikte daha kolay sağlanmaktadır. Yani atık maddenin imalata hazır hale gelmesi doğadan elde edinime göre daha az işlem gerektirmektedir. Bu ise enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin; metal içecek kutularının geri dönüşümü işleminde, metaller doğrudan eritilerek yeni ürün haline dönüştürüldüğünde metallerin üretimi için kullanılan maden cevheri ve bu cevherin saflaştırılma işlemlerine gerek olmadan üretim gerçekleştirilebilmektedir. Atık maddelerin imhası da bir diğer problemdir. Atık maddeler ya yakılarak imha edilmektedir ya da belli bir bölgeye depolanmaktadır. Yakma işlemi ile imha çevre kirliliğine sebep olmakla doğal dengeye zarar vermektedir. Depolama işlemi ise çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca, depolama için belli bir bölge ayrılmalıdır ki ekonomik bir çözüm olarak görünmemektedir. Bu açıdan geri dönüşüm bu sorunlara karşı da çözüm niteliği taşımaktadır. Doğal maddeler atık haline geldikten sonra doğaya tam zıt bir etken içerisine girmektedir ve doğadan yok olma süreci oldukça uzun sürmektedir. Bu maddelerin işlenerek yeniden kazandırılması bu durumun önüne geçmektedir (Öztürk 2005).

2.3.4.3. Geri dönüşümde yasal mevzuat

Ülkemizde; kalkınma, sanayileşme ve şehirleşme yönündeki çalışmalara bağlı olarak yoğun bir inşaat faaliyeti yürütülmekte olup, konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımının yanı sıra, mevcut alt ve üst yapıların tamirata, tadilatı, yenilenmesi ve yıkımı sırasında da çok büyük miktarda hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıkları oluşmaktadır. Ayrıca, başta deprem olmak üzere doğal afetler sonucunda yapıların yıkılması veya hasar görmesi sonucunu oldukça yüksek miktarda atık meydana gelmektedir. Bu atıkların gelişigüzel ortama verilmesi ise çevre kirliliğine neden olmakta, dolayısıyla söz konusu atıkların belirli bir sistem içinde yönetim esaslarının belirlenmesi zorunluluğı ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından inşaat faaliyetleri ile doğal afetler sonucunda meydana gelen hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının üretildikleri yerlerde ayrı toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesine ilişkin esasları belirleyen “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğı” hazırlanmış ve 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Öztürk 2005). Doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir üretim, depolanacak atık miktarının azaltılması ve ekonomik değer yaratılması amacıyla inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanılması gerekmektedir. Yüksek kaliteli geri kazanım ürünleri elde edilmesi ve maliyetlerin azaltılması amacıyla atıkların oluştukları yerlerde ayrılması gerekmektedir. Geri kazanılamayan inşaat ve yıkıntı atıkları gerekli ayrıştırma ve boyut küçültme yapıldıktan sonra Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğı’nde belirtilen esaslara göre katı atık depolama alanında günlük örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Ayrıca Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğinde Madde 29-32’de geri kazanım tesisleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda; bu tesislerin inşaat ve yıkıntı atıklarının özelliklerine, miktarına ve hacmine bağlı olarak sabit veya geçici olarak planlanacağı; taşkın riskinin yüksek olduğu yerlerde, yağmur sularının akışını engelleyecek vadilerde veya dere yataklarında, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde geri kazanım tesislerinin kurulmasına ve işletilmesine müsaade edilemeyeceğı, geri kazanım tesislerinin, yüzeysel su kaynaklarından en az 300 metre uzaklıkta kurulması gerektiğı ve sabit tesislerin en yakın yerleşim birimine uzaklığının 200 metreden az olmaması gerektiğı belirtilmiştir. Tesisin etrafı tel çit ile çevrilmelidir. Geri kazanım tesislerinin bulunacağı sahanın zemini, su birikmeyecek ve yer altı suyu kirlenmeyecek şekilde betondan yapılmalı ve tesisin çalışması sırasında gürültü ve toz emisyonları ile ilgili sınır değerler sağlanmalıdır. Geri kazanım tesislerinde inşaat ve yıkıntı atıklarının kabul edileceğı birim, işletme binası, kantar ve kontrol ünitesi ile yeterli sayıda ve kapasitede ayırıcı, kırıcı, elek, taşıma sistemleri ile geçici depolama alanı bulunması zorunluluğunun olduğu da ifade edilmektedir.

2.3.4.4. Geri kazanılmış agrega

Günümüzde artan nüfus ve hızlı kentleşme sonucunda inşaat sektörü büyük şehirlerde hızla gelişmektedir. Bir taraftan beton üretimi için doğal agrega kaynaklarında sıkıntı varken, diğer taraftan hizmet ömrünü tamamlamış ve eskimiş yapılarda meydana gelen beton atıkların büyük miktarlarda olması çevresel, ekolojik ve ekonomik olarak birçok problem doğurmaktadır. Dolayısıyla, inşaat sektöründe en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden betonun büyük bir kısmını oluşturan agregaların geri dönüşümü çok önemli bir konu haline gelmektedir. Geleneksel beton

üretiminde ağırlıkça yaklaşık %12 çimento, %8 karışım suyu ve %75 agrega kullanılmaktadır. Bunun anlamı beton endüstrisinde dünya genelinde toplam yıllık 1,6 milyar ton çimento kullanıldığı bilindiğine göre yaklaşık 10 milyar ton agrega (kum ve çakıl) ve 1 milyar ton karışım suyu kullanıldığı tahmin edilmektedir. Beton endüstrisi ortalama 12,6 milyar ton malzeme kullanmaktadır. Bu miktar dünya kaynakları bakımından ve diğer maddelerin kullanılma miktarına göre çok büyük bir rakamdır. Dünya genelinde yıllık ihtiyaç olan 10 milyar ton agreganın %30'unun madenlerden çıkarılıp işlemlerden geçirilmesi ve nakliyesi için kullanılan enerji miktarının yüksek olması ekonomik açıdan önemini göstermektedir. Bununla birlikte, büyük miktarda hammadde kullanımı dünyanın ekolojik sistemini de önemli derecede etkilemektedir. Beton endüstrisinin son 50 yılda gelişmesi ile dünya genelinde oluşan yapım yıkım atık miktarı da artarak yıllık 1 milyar ton gibi büyük bir rakama ulaşmıştır (Mehta 2002). Dünya genelinde beton endüstrisinde kullanılan agrega miktarının bu denli fazla olması ve beton endüstrisi ile oluşan yapım ve yıkım atıklarının da son yıllarda artması nedeniyle birçok ülke beton agregaları standardında geri kazanılmış agrega ifadesine yer vermekte ve yapılan araştırmalar doğrultusunda beton üretiminde kullanımını arttırmaya çalışmaktadır.

2.3.4.5. Geri kazanılmış agreganın özellikleri

Geri kazanılmış agrega doğal agregadan oldukça farklı olan birçok özelliğe sahiptir. Bu agrega, kırma operasyonundan sonra iri ve köşeli şekilde, kırıcının ayarlarına bağlı olarak değişen tane boyut dağılımı ve düşük yoğunlukta olmaktadır (Çelik 2007). Fakat en önemli özelliği ise orijinal doğal agreganın yüzeyine çimento hamuru yapışması ile oluşan betonun kırılmasıyla meydana gelmiş olmasıdır. Bu çimento hamuru miktarı, geri kazanılmış agreganın su emme, özgül ağırlık, aşınma direnci, aderans gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Geri kazanılmış agrega; (i) prekast elemanlardan ve test numunelerinden, (ii) beton yapıların enkazından elde edilmektedir. İlk durumdan elde edilen agregalar sadece çimento pastasının yapışmasıyla temiz kalmaktadır. İkinci durumdan elde edilen agregalar ise tuğla, kiremit, kum, plastik, cam, ağaç, kâğıt ve metal gibi malzemelerle kirlenmektedir. Bu kirli agreganın, eleme ve diğer atıklardan ayrıştırılarak doğal iri agrega yerine betonda kullanılabilmesi düşünülmektedir. Doğal agregadaki gibi geri kazanılmış agreganın kalitesini tayin etmek için kullanmadan önce tane dağılımı, özgül ağırlık, su emme, aşınma, vb. deneylerin yapılmasına ihtiyaç vardır (Rao 2007).

2.4. Literatür Taraması

İnşaat sektöründe ortaya çıkan atık betonların değerlendirilmesiyle ilgili olarak literatürde bugüne kadar yapılmış sayısız çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla, atık betonun agregaya dönüştürülerek altyapı dolgu malzemesi şeklinde veya yine betonda tekrar kullanılmasına yöneliktir (Cho ve Yeo 2004, Rao vd. 2007, Sobhan vd. 2011, Sobri vd. 2011, Zega ve Maio 2011, Herrador vd. 2012, Kou vd. 2012, Silva vd. 2013). Bununla birlikte, söz konusu tekrar kullanımın ticari veya çevresel açıdan süreklilik ifade etmesi için tesis ve bölge bazında potansiyel olarak ne miktarda agrega üretilbileceği yeterli doğrulukta bilinmelidir. Fakat bunun için öncelikle, atık beton miktarının tespit edilmesi gerekmektedir.

İnşaat projelerindeki hazır beton atık miktarlarıyla ilgili olarak literatürdeki geçmiş araştırmalar incelendiğinde, dünyada konuyla ilgili olarak bilimsel araştırmaya dayalı sayısal veri ortaya koyan oldukça az sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Bu amaçla; Soibelman (1993) ve Isatto vd. (2000) Brezilya’da, Bossink ve Brouwers (1996) Hollanda’da, Poon vd. (2004) Hong Kong’da ve Guzman vd. (2009) İspanya’da çeşitli araştırmalar yürütmüşlerdir. Soibelman (1993) 4 konut ve 1 ticari bina şantiyesinde 4 ila 5 ay arasında değişen bir süre boyunca 7 farklı inşaat malzemesini gözlemlemiş ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %13,2 olarak tespit etmiştir. Isatto vd. (2000) birbirinden farklı nitelikte ve malzemeye göre değişen sayıda şantiyede (beton için 35 şantiyede) 4-6 ay arasında değişen bir zaman aralığı süresince 16 inşaat malzemesini takip etmişler ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %9,5 olarak belirlemişlerdir. Bu iki çalışmaya göre, her ne kadar farklı araştırma koşullarında yapılsalar dahi, aynı ülkede yapılmalarından dolayı benzer çalışma şartlarına sahip olan bir endüstriyel ortamda elde edilen atık beton miktarlarının birbirlerinden önemli miktarda farklılık gösterebildikleri ortaya çıkmaktadır. Bossink ve Brouwers (1996) 5 konut şantiyesinde 14 ay boyunca toplam 9 farklı inşaat malzemesi gözlemlemişler ve bu malzemeler arasından betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %3 olarak bulmuşlardır. Poon vd. (2004) 5 konut şantiyesinde 20 ay süresince 11 inşaat malzemesini gözlemişler ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %2,5 olarak saptamışlardır. Guzman vd. (2009) 100 konut şantiyesindeki 57 inşaat malzemesini 12 ay boyunca incelemişler ve bu malzemeler arasından betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %1 olarak belirlemişlerdir. Türkiye’de ise bu konuyla ilgili olarak sadece Baytan (2007) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Baytan (2007) hepsi birbirinden farklı türdeki 8 şantiyede 4 inşaat malzemesini 1 ila 5 ay arasında değişen bir dönem boyunca gözlemlemiş ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %6,1 olarak tespit etmiştir.

Bununla birlikte, yukarıda bahsedilen akademik çalışmaların hiçbirisinde metodolojik olarak doğrudan yerinde ölçüm yapılması yoluna gidilmemiştir. Söz konusu sayısal değerler; hazır beton firması ile yüklenici firma arasındaki fatura bilgilerinden okunan hazır beton miktarı ile, tasarım projesinde gözüken ilgili yapı elemanı hacminin farkının alınmasıyla elde edilmişlerdir. Bir diğer ifadeyle, bu değerler; $V_{yüzde}$ “atık beton yüzdesi”, $V_{satın\ alınan}$ “satın alınan beton miktarı” ve $V_{tasarım}$ “projeden ölçülen beton miktarı” olmak üzere, aşağıda verilen eşitlik uygulanarak bulunmuşlardır,

$$V_{yüzde} = (V_{satın\ alınan} - V_{tasarım}) / (V_{tasarım})$$

Ayrıca, gerek Türkiye’de ve gerekse dünyada geçmişte yapılan yukarıdaki bilimsel çalışmalardan görüldüğü gibi, sadece hazır beton atığı miktarının belirlenmesi üzerine odaklanan bir araştırma bulunmamaktadır. Çünkü bu araştırmalarda 4 ila 57 arasında değişen sayıda yapı malzemesi çeşidi için atık takibi yapıldığından dolayı, şantiye odaklı hesaplamalar yapılması gerekmiştir. Bundan dolayı, beton malzemesinin hem ilk üretim yeri konumundaki hazır beton tesislerinde, hem de sipariş fazlası atık betonların boşaltılması sırasında herhangi bir doğrudan ölçüm işlemi gerçekleştirilmemiştir. Bu durumda, ilgili beton miktarları her aşamada sıkı bir şekilde kontrol edilmediği için hesaplanan ölçümler hataya açık hale gelmekte ve aslında şantiyeye, yol kenarlarına veya hazır beton tesisinin içindeki herhangi bir yere boşaltılan beton, şantiye atığı kapsamına girmediği için atık olarak gözden kaçırılmaktadır. Buna

ek olarak, söz konusu atık beton miktarının ortaya çıkma sebebi de böylece net olarak tespit edilememektedir. Yukarıda adı geçen bazı çalışmaların (Bossink ve Brouwers 1996, Poon vd. 2004), atıkların oluşma nedenlerini ve bu nedenlerin önem sıralamasını araştırırken bunu sadece, şantiye yöneticilerinin tecrübelerini anket vasıtasıyla yansıtarak veya tahmin yoluyla ortaya koymaya çalışmaları da bundan kaynaklanmaktadır. Hâlbuki hazır beton atığının en önemli ortaya çıkış sebeplerinden birisi, müşteri konumundaki yüklenici firmaların planlama mühendislerinin tecrübeye dayalı olarak ve çeşitli eksiklikleri göz önüne alarak, projeden hesaplanan beton değerini yaklaşık %10 aşan miktardaki betonu hazır beton tesislerinden talep etmeleridir (Cooke ve Williams 2004, Tam ve Tam 2007). Bu eksiklikler veya taze hazır beton atığının diğer ortaya çıkış nedenleri ise;

- yanlış metraj hesaplanması,
- döküm ve yerleştirme sırasındaki kötü işçilik
- hazır beton tesisinde beton üretim ve transmikserlere dolum sırasında
- transmikserin içinde kalan ve çeperlerine yapışan atıklar,

şeklinde sıralanabilir (Bossink ve Brouwers 1996, Shen ve Tam 2002, Poon vd. 2004). Bir diğer ifadeyle, sipariş edilen betonun yukarıda sayılan sebepler dolayısıyla yetmemesi halinde, ilave hazır betonun hemen temin edilmesi mümkün olmayabileceği ve bu nedenle ilgili beton imalatında derzler oluşabileceği için, müşteri konumundaki yüklenici firmaların planlama yapan teknik elemanları güvenli tarafta kalmak istemektedirler. Böylece, yeterli doğruluk ve hassasiyetteki bir birim atık oranı ile çalışılmadığı için taze beton atığı kaçınılmaz bir şekilde ortaya çıkmış olmaktadır.

Diğer taraftan, herhangi bir bilimsel araştırma yapılmadan sadece hazır beton firması yöneticilerinin tecrübelerine dayanan bazı tahmini değerler de literatürde yer almaktadır. Buna göre, Schuette ve Liska (1994) ortalama beton atık miktarını ABD için %7,5 olarak tahmin etmişlerdir. Benzer şekilde, bu değer İngiltere için Frics (1996) ve Çin için Zhu (1996) tarafından %2,5, Güney Kore için ise Seo ve Hwang (1999) tarafından %1,5 olarak verilmiştir. Yukarıda sunulan ve bilimsel bir araştırmaya dayalı olan ve olmayan bütün sayısal değerlerden de görüldüğü gibi, beton atık miktarı %1 ila %13,2 arasında değişen geniş bir ölçekte yer almaktadır. THBB'ye (2013) göre, Türkiye'de 2013 yılı itibariyle 102 milyon m³ hazır beton üretilmiştir. Bu üretim değeri göz önüne alındığında, söz konusu atık miktarının doğru bir şekilde ve yeterli hassasiyette belirlenmesinin müşteri ve üretici için gerek ticari bakımdan, gerekse doğal kaynakların tüketilmesi ve çevre kirliliği açısından ne kadar büyük ve hayati bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Projenin gerçekleştirilmekte olduğu Antalya, Zonguldak ve Isparta illerindeki farklı hazır beton üreticilerinin yöneticileriyle yapılan karşılıklı görüşmelerde, uygulamada bu kayıpların %5-10 civarında gerçekleştiği hususunda bir görüş birliği bulunmaktadır. Nitekim hazır beton tedarikçileri ile kullanıcıları arasında, teslim edilen beton miktarı ve dolayısıyla beton kaybı konusunda, mahkemelere kadar yansıyan ciddi ihtilaflar ve uyuşmazlıklar da söz konusu olabilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Amaç

Beton atıkları, inşaat sektöründeki malzeme atıkları arasındaki en önemli kalemlerden birisidir. Öyle ki, toplam inşaat atıklarının ağırlıkça yaklaşık %50-55'ini beton malzemesi oluşturmaktadır (Mulheron 1988, Hendriks ve Pietersen 2000). İnşaat sektöründe üretilen atıklar ülke ekonomisini etkilemenin yanı sıra, doğal kaynakları da tüketmekte ve çevreye, geri dönüşü mümkün olmayan zararlar vermektedirler. Garvin'e (2004) göre, dünyada üretilen enerjinin %40-50'si ile mevcut su kaynaklarının %16'sı, inşaat sektöründe atık olarak ortaya çıkan malzemelerin üretilmesine harcanmakta ve böylelikle ortaya çıkan CO₂, toplam CO₂ emisyonunun %50'sini oluşturmaktadır. Bu atık malzemelerin taşınması da göz önüne alındığında söz konusu oran %75'lere kadar ulaşabilmektedir. Bununla birlikte, bahsi geçen çevresel kirlilik ve kaynak tüketiminde asli olarak çimento üretiminin rol oynadığı söylenebilir.

Bu çalışma kapsamında hazır beton tesislerinde yerinde ölçümler yapılarak, hazır beton üretiminde oluşan atıkların kaynakları ve bunların miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda hazır beton tesislerinde atık betonların 4 farklı nedenden kaynaklandığı ve bunlar içerisinden tesislerin işleyiş şekline bağlı olarak sadece iade beton ile transmikserlerin yıkanması sonucu oluşan atıkların miktarlarının tespit edilebileceği anlaşılmıştır. Bu tespit edilebilen kaynaklara sebep olan etmenleri analizler sonucunda ortaya konulmaya çalışılmıştır.

3.2. Yöntem

Söz konusu araştırma; Zonguldak, Antalya ve Isparta illerinde faaliyet gösteren üç hazır beton firmasının birer tesisinde yapılmakta olan ölçümler ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yapıldığı illerin belirlenmesinde öncelikle, farklı düzeyde hazır beton tüketimi yapan bölgelerin seçilmesine dikkat edilmiştir. Türkiye'deki yapıların genellikle beton malzemesi kullanılarak üretildiği göz önüne alındığında, hazır beton kullanım miktarının, inşaat sektörünün büyüklüğü ve gelişmişliği ile doğrudan bağlantılı olduğu kabul edilebilir. İnşaat sektörünün büyüklüğü ve gelişmişliğinin ise malzeme miktarı tahmini yapan sektör profesyonellerinin güncel sipariş alışkanlıkları ve tecrübeleri üzerinde etkili olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, THBB'nin (2012) yıllık ortalama hazır beton tüketimi verilerinden yola çıkılmış olup; Antalya'da yoğun miktarda, Isparta'da orta düzeyde ve Zonguldak'ta ise nispeten düşük düzeyde hazır beton tüketildiği belirlenmiştir. Böylece, Türkiye genelini temsil edebilmesi açısından, farklı büyüklükteki inşaat sektörlerinin bulunduğu illerin seçilmesine özen gösterilmiştir.

Mevcut üç ilin, hazır beton döküm işleminde etkili olabileceği öngörülen topografya ve iklim özellikleri açısından da birbirlerinden tamamen farklılık gösterdikleri ve böylelikle Türkiye genelini temsil edebilecekleri düşünülmektedir. Şöyle ki, topografya açısından, engebeli ve düz arazilerdeki hazır beton döküm işlemi sırasında gerek transmikserde ve gerekse beton pompasında farklı miktarlarda atık beton kalma olasılığı bulunmaktadır. Bu kapsamda; Antalya'nın engebesiz, Isparta'nın orta

düzeide engebeli ve Zonguldak'ın ise yüksek düzeide engebeli olduğu kabul edilebilir. İklim özellikleri açısından da, farklı sıcaklık ve nem koşullarının, hazır betonun taşınması ve dökülmesi aşamalarında gerçekleşen buharlaşma fazı üzerinde etkili olacağı varsayılabılır. Çünkü beton bileşiminde önemli miktarda su içeriği bulunmaktadır. Bundan dolayı; Antalya'nın aşırı sıcak ve nemli, Zonguldak'ın orta düzeide sıcak ve nemli, Isparta'nın ise düşük seviyede sıcak ve nemli olduğu kabul edilebilir.

Yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde analiz edilebilmesi ve verilerde gözlenmekte olan sapmaların bir ölçüye kadar giderilebilmesi amacıyla, söz konusu tesis sayısı üç olarak belirlenmiştir. Bir diğer ifadeyle, verilerde, bir tesise veya o ildeki inşaat sektörüne özel olarak ortaya çıkabilecek muhtemel sapmaların etkisinin azaltılması hedeflenmiştir. Üç ilde faaliyet gösteren hazır beton tesislerinin seçilmesi aşamasında öncelikle, tesislerin üretim miktarları göz önüne alınmıştır. Bu bağlamda, aşağıdaki kısımda belirtilen ve her bir tesisten alınan günlük ölçüm miktarı olan 100 m³, minimum günlük değer olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, söz konusu tesislerin her birinin, yıl içerisinde bu sınır değerini fazlasıyla aşan miktarlarda hazır beton üretimi yaptıkları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her ne kadar proje süresi boyunca haftada bir gün en az 100 m³'lük hazır beton siparişinin ölçümü yapılması gerekiyorsa da, bazı haftalarda siparişlerin miktarlarındaki uygunsuzluklar nedeniyle 100 m³'ten daha az, bazı haftalarda ise 100 m³'ten daha fazla hazır beton siparişinin ölçümü yapılmıştır. Bunun nedeni ise, bu projenin amacı gereği, sipariş odaklı ölçüm yapılmasıdır. Örneğin, 300 m³'lük bir hazır beton siparişinin 100 m³'ünü takip ederek ilgili ölçümleri gerçekleştirmenin, bu araştırma projesi açısından herhangi bir değerini bulunmamaktadır. Çünkü bu projenin asıl amacı olan, 1 m³ hazır beton başına düşen birim atık miktarını hesaplayabilmek için, aşağıdaki kısımlarda açıklandığı üzere, verilen sipariş miktarı ile teslim edilen toplam miktarı karşılaştırmak gerekmektedir. Bu açıdan, ölçülmeye başlanan siparişin tamamını takip etmek ve ölçmek zorunludur. Dolayısıyla, hem projenin amacına yönelik olarak ve hem de ölçüm yapan proje personelinin (bursiyerler ve işçiler) mevcut iş yükünü öngörülenin çok üzerine çıkarmamak için 100 m³'ü biraz aşan tekli (örneğin, 120 m³'lük bir sipariş) veya çoklu (örneğin, 20 m³ + 60 m³ + 30 m³'lük üç sipariş) siparişler üzerinden ölçüm yapılmaktadır. 100 m³'e yakın bu tür siparişler olmadığında ise hafta başına 100 m³ düşecek şekilde (örneğin, bir hafta 160 m³ ve bir hafta 40 m³'lük) siparişler takip edilmektedir. Gerçekte bu durumun proje öncesinde de öngörülen önemli bir faydası bulunmaktadır. Öyle ki, projede 100 m³ bir sınır değer olmasına rağmen, hali hazırdaki sipariş takip yöntemiyle küçük ve büyük ölçekli siparişler de gözlenebilmektedir. Böylelikle birim atık miktarının, sipariş miktarına göre değişip değişmediği ve eğer değişiyorsa bunun sayısal olarak nasıl ifade edilebileceği, tüm proje verileri değerlendirilip araştırılmıştır.

İnşaat sektörünün yapısı itibariyle, inşaat projelerinin ve yatırımlarının sayısı dönemsel bazda doğal olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Mevcut araştırma projesinde ise, elde edilmekte olan verileri olası mevsimsel etkilerden mümkün olduğunca arındırmak için bu tesisler 12 ay boyunca izlenecek ve yaptıkları üretim sürekli olarak kontrol edilecektir. Çünkü böylelikle mevsimsel etkiler nedeniyle transmikserlerde kalan atık miktarının değişip değişmediği de belirlenmiş olacaktır.

Verilerin toplanması aşamasında ise yöntem açısından herhangi bir yanlışlık yapılmaması için proje ekibi bu tesisleri bir yıl boyunca haftada bir gün düzenli olarak ziyaret etmekte ve günlük verileri kayda geçirmektedir. Bu bağlamda, her bir tesisten gün içerisinde farklı şantiyelere yapılabilecek en az toplam 100 m³ hacmindeki hazır beton döküm faaliyetleri için ölçümler alınmaktadır. Böylece, her bir değişken başına bir tesisten ölçüm başı en az bir adet olmak üzere (örneğin, 50 m³'lük sipariş veren iki şantiyeye gidilerek iki adet veri de elde edilebilmektedir), ölçüm yapılmaya devam edilen 12 ay boyunca en az 52 adet, toplamda ise üç bölgeden en az 156 adet veri elde edilerek değerlendirilmektedir. Ayrıca, THBB'ye (2012) göre, Türkiye'de 2011 yılı itibarıyla tesis başına günde yaklaşık 262,2 m³ (= 90.450.000 m³ / 945 tesis / 365 gün) hazır beton üretilmiştir. Dolayısıyla, proje kapsamında incelenen her bir tesisten günde en az, Türkiye ortalamasının %38,13'üne karşılık gelen örneklem alınmış olmaktadır. Çünkü hazır beton tesislerinin, özellikle bahar ve yaz aylarında oldukça yoğun çalışan işletmeler oldukları ve günün hemen her saatinde farklı bir şantiyeye teslimat yapabildikleri göz önüne alındığında, bu tesislerin yaptıkları her üretimin ve her teslimatın sağlıklı ve düzenli bir şekilde takip edilmesi pratikte çok zor olmaktadır. Sonuçta, yukarıda sözü edilen hem örneklem oranı (%38,13) ve hem de veri sayısı (52), Curwin ve Slater'e (1992) göre istatistiksel değerlendirme açısından yeterlilik arz etmektedir.

Ölçümlerin yapılmakta olduğu şantiye veya projelerin seçimi için herhangi bir ölçüt öngörülmemiştir. Hazır beton ölçümleri bir yıl boyunca her hafta düzenli bir şekilde yapılmakta olduğu için, sürekli aynı tür projelerde ölçüm yapılmaya çalışılması, örneklem bulma aşamasında oldukça ciddi bir kısıt oluşturmaktadır. Ayrıca, örneklem olarak alınan şantiye veya projelerin seçiminde bir kriter olmaması, mevcut araştırma projesinin amaç ve kapsamıyla da uyusmaktadır. Bu bağlamda, farklı türdeki proje sayısının çokluğu veya proje çeşitliliği, söz konusu birim atık miktarlarının, herhangi bir proje çeşidinden ziyade genel inşaat projelerine atfedilmesini sağlayacaktır. Bir başka ifadeyle, elde edilen verilerin bütün inşaat projeleri adına genellenebilmesi için, ölçümler proje odaklı değil, üretim ve atık odaklı yapılmaktadır. Bununla birlikte, bu miktarların, ölçüm yapılmakta olan farklı proje türleri için de ayrı ayrı değerlendirilmesinin önünde herhangi bir engel bulunmamaktadır.

Hazır beton tesislerindeki ölçümlere başlamadan önce proje önerisi kapsamında, ölçümlerin hem hazır beton tesislerinde hem de şantiye sahalarında yapılması öngörülmüştü. Ancak, uygulamada transmikserlerin mevzuat gereği, uygun olmayan şantiyelerde yıkanmasının yasak olması ve projenin yürütüldüğü hazır beton tesislerinin, yıkama işlemini kendi santrallerinde yapıyor olmaları sonucunda saha ölçümleri beton santrallerinde gerçekleştirilmiştir.

Bu TÜBİTAK destekli proje dahilinde Mart 2014'ten itibaren bir yıl boyunca üç farklı hazır beton tesisinde düzenli olarak ölçümler yapılmıştır. Bu saha çalışması miktarını belirleyebildiğimiz iade betonlar ve transmikserin çeperlerine yapışarak oluşan atık betonlar üzerine olmuştur. İade betonun miktarını geri dönen transmikserin kantarda tartılıp transmikserin ağırlığının çıkarılarak hesaplanmıştır. Fakat transmikser çeperine yapışan atık betonun miktarını belirlemek için bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde; rutinin dışına çıkılıp belirlenen siparişin bütün transmikserleri her şantiye dönüşlerinde 50-100 litre su verilerek yıkanmış ve ölçümler yapılmıştır.

İlk olarak büyük çuvalar transmikselerin boşaltma oluklarına bağlanarak numune alınmaya çalışılmıştır. Buradaki amaç çuvalın bir elek görevi görüp karışım oranları belli olan beton agregasının tutulmasını sağlamaktır. Fakat yapılan bu çalışmada görüldü ki çuvalın altında biriken atık, çuval yüzeyindeki boşlukları tıkayıp suyun dışarı çıkmasını engellemiştir. Böylece, bu metot hem çuvalın geçirimsizliği hem de çuvalın transmikslerden gelen basınçlı betona karşı dayanıksız olması sahada pratik bir ölçüm yapma olanağına izin vermemiştir.

Daha sonra, kullanılan çuval metodundan yapılan gözlemlerden betonun hızla çökeldiği ve toplama ile eleme işlemlerinin bir arada yapılamayacağına, işlemlerin ayrı yapılmasına karar verilmiştir. Transmikser boşaltma oluğunun altına yeterli büyüklükte bir varil konulup gelen basınçlı suyla malzemenin etrafa sıçramaması içinde kesilen bir çuvalın bir ucunun boşaltma oluğunun ağzına bağlanmasıyla diğer ucunun da varilin içine kadar indirilmesi suretiyle transmiksere içinden gelen betonun yıkama suyuyla birlikte kayba uğramadan varilin içine alınması sağlanmıştır (Şekil 3.1). Transmikserlerin çalışma prensibi gereği; transmiksere içerisinde bulunan agrega, su ve çimento karışımından ilk önce su ile çimento karışımı, sonrasında ise agrega-çimento karışımı çıkışı olmaktadır. Dolayısıyla, ölçüm esnasında ilk başta tazyikli akan ve plastik bidon dışına dökülen su-çimento karışımında agrega bulunmamaktadır. Benzer şekilde, ölçüm sırasında agreganın özgül ağırlığının fazla olmasından dolayı doğrudan plastik bidonun dibine çöktüğü ve plastik bidondan bazı ölçümlerde taşan karışımın içinde agrega bulunmadığı da gözlemlenmiştir. Bu anlamda, projede öngörülen çuvalara ihtiyaç duyulmamıştır. Bunun yanında, işbirliği halindeki beton santrallerinin kendi bünyelerinde bulunan malzeme laboratuvarlarını tahsis etmeleri, elek ihtiyacını da ortadan kaldırmıştır.



Şekil 3.1. Atık betonun transmikslerden alınması

Sonraki süreçte variller yeteri kadar bekletildikten sonra beton karışımı yeteri kadar çökmesi beklenmiştir. Buradaki önemli husus ölçümlerin yapılmasını sağlayan karışım oranının çok üstündeki su yüzdesi betonun yapısını bozarak sertleşmesini engellemesidir. Böylece çökmüş atık betonun süzme yöntemiyle toplanması sağlanmıştır (Şekil 3.2). Dibe çöken atık betonu, çimento su karışımından ayırmak için Şekil 3.3'deki gibi süzme yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Atık betonun çöktürülmesi



Şekil 3.3. Atık betonun çimento-su karışımından süzdürülmesi

Daha önce darası alınmış varil tekrardan tartı üzerine konarak Şekil 3.4'da ki gibi atık beton miktarı ölçülmüştür. Geri dönüşüm için kullanılabilecek olan agrega miktarını tespit etmek için bu karışımındaki agrega miktarını belirlemek adına elde edilen atıklardan 2 kg'lık numuneler alınarak laboratuvar testlerine tabii tutulmuştur (Şekil 3.5). Transmikserlerden elde edilen atık miktarının çok olması ve laboratuvarlarda bulunan etüv fırınlarının kapasitelerinin bunu karşılayacak düzeyde olmaması, transmikserlerden alınan numunelerin hepsinin deneye tabii tutulmasını zorlaştırmaktadır. Şöyle ki; etüv yaklaşık olarak 16 kg numune almaktadır. Araç başına yaklaşık 100 kg atık çıktığı düşünüldüğünde, etüv bekleme süresi her araç için yaklaşık 1 hafta sürmektedir. Dolayısıyla, her ölçüm için, 9 araçtan numune alındığı kabul edilirse, bunun için 9 hafta gereklidir ki, bu süre projenin zamanında tamamlanmasını mümkün kılmamaktadır. Bu anlamda, ilk 3 ölçümde numune alınan her transmikserden yaklaşık 2 kg ağırlığında örnek alınmış ve bunlar daha sonra laboratuvar ortamında yıkanarak etüv fırınında 1 gün bekletilip tartılmıştır. Bu deneyler her üç il için ayrı ayrı yapılmış olup, sonuçta her üç il için istatistiksel olarak anlamlı olan bir katsayı elde edilmiştir. Bu deneyler sonucunda transmikserlerde oluşan atık agregaların kuru ağırlığı, atık ağırlığının elde edilen katsayı ile çarpılması sonucu elde edilmektedir. Hazır beton tesisleri tarafından verilen ve otomasyon sisteminde gözüken beton karışım oranları yardımıyla da atık çimento ve su oranı da hesap edilebilmektedir.



Şekil 3.4. Çimento-su karışımı süzdürülen atık betonun tartılması



Şekil 3.5. Atık betondan numune alınması

Çalışma sahasında tartılmış varil içindeki atık betonlardan alınan 2 kg'lık numuneler laboratuvarda 0-4 mm çaplı eleklerde çimento şerbetinden iyi arınması ve 4 mm üstündeki kaba malzemenin tespiti için yıkanmıştır (Şekil 3.6). Yapılan yıkama işlemi sonunda 4 mm üstündeki elek üzerinde hiç malzeme kalmamıştır. Numunenin yıkandıktan önceki ve sonraki ağırlıkları ölçülerek veriler alınmıştır. Yıkama öncesi ve sonrası tartımlar arasında çok küçük farklar çıkmıştır. Daha sonra yıkanmış 22 agrega etüv fırınında kurutulmaya bırakılıp ardından da bir daha tartılmıştır. Elde edilen ince malzemenin ortalama kuru ağırlığı, yaş ağırlığının %75'i kadar çıkmıştır. Bu laboratuvar çalışması 30 numune için yapılmıştır. İstatistiksel olarak bir değer (%25 oran) elde edildikten sonra laboratuvar çalışmaları sonlandırılmıştır. Sonraki aşamada ölçümler, transmikserin yıkanması sonucu oluşan atıkların varile doldurulup suyu döküldükten sonra tartılması ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Alınan numunelerin yıkanması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Hazır Beton Üretim Tesisinde Oluşan Taze Beton Atıklar

Hazır betonu sipariş vermeden önce, yapınızda ne tür beton kullanılacağını doğru tespit etmeniz gerekir. Çünkü birçok durumda sipariş edilen beton sınıf dayanımı talebini karşılamasına rağmen, istenen işlevi yerine getirmeyebilir. Örneğin, sülfatlı bir zemine dökülecek temel betonunda dayanıklılık özelliği, basınç dayanımından daha önemlidir. Beton sınıfı, mevcut statik yapı projesinin üzerinde görülebilir. Ancak çevre şartları iyi tetkik edilmelidir. Gerekliğinde, hazır beton tesislerindeki uzmanlar da bu konuda yardımcı olabilirler. Hazır beton kullanıcılarının, TS 11222 Beton - Hazır Beton Standardı'nı iyi inceleyerek, tüketici olarak hangi haklara ve yükümlülüklerle sahip olduklarını bilmeleri gerekir (www.csgb.gov.tr).

İhtiyacımız olan betonun sınıfını, miktarını ve kullanacağımız zamanı belirledikten sonra hazır beton tesisi ile irtibata geçip gerekli bilgileri vererek beton siparişini başlatırız. Beton santralinde istenilen özelliklerde beton reçeteleri bilgisayar sisteminde kayıtlı olup, santral görevlisi tarafından istenilen zamanda, istenilen miktarda üretilip projelere gönderilmektedir. Beton üretiminden sorumlu santral görevlisi, beton üretimi için istenilen özellikteki betonun reçetesini bilgisayarda kurulu otomasyon sistemi üzerinden aktif hale getirerek üretim başlar. Üretim, beton içerisine girecek agrega, su, çimento ve varsa katkı maddesinin mikserle gelip karıştırılması ve hazırlanan karışımın transmiksere dolumu sürecinden oluşur. Transmikserlere doldurulan beton istenilen projeye gönderilir ve pompa yardımıyla kalıbın içerisine yerleştirilir. Transmikserler içerisinde bulunan betonu boşalttıktan sonra hazır beton tesisine dönerek içlerini temizler ve sıradaki beton dolumuna geçerler.

Yapılmış olan bu çalışmada, hazır beton santrallerinde ortaya çıkan atıkları ve sürecin çevreye zarar vermeden ne şekilde sağlıklı işleyebileceğini anlatılmaktadır. Hazır beton tesisinde oluşan atıkların sürecini daha detaylı inceleyecek olursak;

4.1.1. Betonun transmiksere dolumu ve yıkanması sırasında oluşan atık

Beton santrallerinde üretilen taze beton daha sonra transmiksere vasıtasıyla istenilen projeye taşınır. Hazır beton tesisinde üretilen beton, transmiksere arka kısmında bulunan oluktan doldurulur. Bazı durumlarda transmiksere şoförünün kabiliyetine bağlı olarak, mikserin altına düzgün yavaşlamamasından kaynaklı bir miktar beton dolum sırasında dışarıya dökülmektedir. Sürekli aktif olarak çalışan bir hazır beton tesisi düşündüğümüzde, gün boyu birçok transmiksere dolum için mikserin altına yavaşlamaktadır ve toplamda ciddi miktarda atıklar meydana geldiği görülmektedir fakat pratikte bu atığın miktarını ölçmemiz mümkün olmamıştır.

Ayrıca her ne kadar transmiksere doldurulmak istenen taze beton üretilmeye çalışılsa da, imalat sırasında bu üretim miktarı her zaman tutturulamayabilir. Bu yüzden mikserde üretilen fazla beton ve üretim sırasında mikserin çeperlerine yapışmış olan taze betonu temizlemek için mikserin yıkanması gerekmektedir. Aksi takdirde mikser çeperlerinde bu atıkların sertleşmesi sonucu, hem mikserin verimini düşürür hem de

mikserin bozulmasına neden olmaktadır. Bu yüzden mikserin temizlenmesi sırasında da ciddi miktarda atık oluşmaktadır.

Transmikserler hazır beton tesisinden ayrılmadan önce, transmikserin oluk ve arka kısmı yıkanıp beton atıklarından temizlenmektedir. Bu durum istisnasız her transmikserin hazır beton tesisinden çıkmadan yapıldığı görülmüştür. Dolum ve yıkama sonucu çok fazla atık olmamasına karşın uzun süreçte burada da ciddi atıklar oluşmaktadır



Şekil 4.1. Transmikserin dolumu

4.1.2. Transmikserlerden numune alınması sonucu oluşan atık

Bir proje için sipariş edilen beton üretildikten sonra hazır beton tesisi kalite ve kontrol mevzuatı gereği, ilk transmikser santralden çıkmadan önce yaklaşık bir el arabası dolusu taze beton alır. Alınan bu beton küp veya silindir kalıplara doldurularak deneylere hazır duruma getirilir. Her ne kadar numune sayısına yetecek kadar beton alınmaya çalışılsa da bu pratikte olmaz, bu yüzden numune alınırken de atık beton oluşmaktadır.



Şekil 4.2. Transmikserden numune alınması



Şekil 4.3. Örnek küp numuneler

4.1.3. Transmikserlerin betonu boşalttıktan sonra çeperlere yapışarak oluşan atık

Transmikserler içerisinde bulunan betonu boşalttıktan sonra, transmikser helezonlarına bir miktar beton yapışır ve ancak bol su vererek yıkandığında dışarıya çıkabilmektedir. Transmikserlerin kazanları normal şartlarda her siparişten sonra yıkanması gerekirken, saha ölçümlerinde bu şekilde olmadığı ve iş yoğunluğu nedeniyle

bu işlem sadece gün sonunda son siparişten sonra kazanlara 200-300 litre su verilerek yıkama işlemleri yapıldığı gözlemlenmiştir. Yapılan saha çalışmalarında ise bu rutinin dışına çıkılıp belirlenen siparişin bütün transmikserleri her şantiye dönüşlerinde 50-100 litre su verilerek yıkanmış ve ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sırasında her mikserin yıkanması sonucu yaklaşık 60-100 kg arasında atıklar oluşmaktadır. Her bir mikserin hacmini 10 metreküp kabul edecek olursak günlük üretimi 500 metreküp olan orta ölçekli bir santralin sadece bu transmikserlerin yıkanmasından bile ciddi atıklar meydana geldiği görülmektedir. Yapılan gözlemler sonucu beton santralının uygulaması ile yapılan çalışma arasında miktar açısından önemli bir fark görülmemiştir. Bu da gösteriyor ki kazanlara verilen suyun elde edilen atık beton miktarını fazla etkilemediğidir. Ayrıca gün sonunda veya her sipariş dönüşünde transmikserlerin yıkanması da atık miktarını etkilemediği anlaşılmıştır.

Bu çalışmada ölçümler, hazır beton tesisine belirli bir siparişin verildiği şantiyeden boş olarak dönen transmikserler üzerinde yapılmış ve helezonlarına yapışmış atık betonun boşaltımını sağlamak amacıyla transmikser kazanlarına 50-100 litre su verilip yıkanmasıyla elde edilmiştir. Bu ölçümün saha koşullarında pratik halde yapılabilmesi için çeşitli metotlar denenmiş ve en uygun metot ile düzenli olarak ölçümler yapılmıştır ve halen ölçümler devam etmektedir. Bu oluşan atıklardan numune alınarak içerisinde ne kadar geri dönüştürülebilir agrega olduğu da hesaplanmıştır.



Şekil 4.4. Transmikserin çeperlerine yapışan atık beton

4.1.4. Yanlış metraj sonucu oluşan atık

İnşaat yapım projelerinde gerek işveren adına yapılan yaklaşık maliyet hesabında ve gerekse yüklenici firmanın maliyet planlamasında kullanılacak malzeme miktarları, detaylı metraj hesaplamalarıyla belirlenmektedir. Fakat bu metraj hesaplarında elde edilen “planlanan değerler” ile şantiyede kullanılan “gerçek malzeme

miktarları” arasında, kötü işçilik gibi bir takım sebeplerle kaçınılmaz olarak belirli kayıplar yaşanabilmektedir. Bu kayıpları göz önüne almak amacıyla, inşaat sektöründe çalışan planlama mühendisleri ve teknik elemanlar, herhangi bir ölçüm yapmaksızın, tamamen kendi tecrübelerine dayanarak belirli katsayılar belirlemekte ve projede kullanılacak inşaat malzemelerinin miktarlarını bu katsayılar ile çarparak, son metraj değerlerine ulaşmaktadırlar (Ritz 1994, Lewis 2001, Kerzner 2009). Bununla birlikte, bu son metraj değerleri, söz konusu katsayıların yeterli doğrulukta tahmin edilememesinden dolayı gerçeğe uyumsuz hale gelmekte ve böylece, beklenmeyen atıklar ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu son metraj değerleri, söz konusu katsayıların yeterli doğrulukta tahmin edilememesinden dolayı gerçeğe uyumsuz hale gelmekte ve böylece, beklenmeyen atıklar ortaya çıkmaktadır. Çünkü inşaat atıkları, sektördeki üretim yöntemleri ve ortaya konan ürünlerin değişkenliği nedeniyle, tamamen önlenemeyecek ve kaçınılamayacak atık türleri arasında yer almaktadır (Winkler 2010).

Beton santrallerinde en çok atık gün sonunda oluşmaktadır. Çünkü gün içerisinde yapılan üretimlerde her ne kadar iade beton olmuş olsa da beton santralleri bu iade betonları değerlendirip başka bir projeye göndermektedirler. Şöyle ki, A projesinin son transmikserinde 3 metreküp C35 beton artmış olsun, beton santralleri genellikle artan bu betonu işlenebilirliğini kaybetmemiş ise kendinden daha düşük beton sınıfındaki bir projeye (yani C30, C25 gibi) transmikserin üzerini tamamlayıp göndermektedirler. Bu sayede gün içerisinde oluşan atık miktarı azaltılmaktadır. Fakat gönderecekleri başka bir proje yoksa veya beton gün sonunda iade olmuş ise tekrar değerlendirilemeyeceğinden dolayı depolama alanına boşaltılmaktadır. Küçük projelerde betonun genellikle mühendis olmayan kişiler tarafından sipariş edilmesi, yanlış metrajlar da beton istenilmesine neden olmaktadır ve bu da atık miktarının artmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca inşaatta ve betonda değişkenlerin çok fazla olması hesaplanan miktarın altında veya üstünde ihtiyaç duyulmasına sebep olur. Çizelge 4.1 Antalya’da ölçüm yapılan hazır beton tesisine ait 16 aylık sürede üretilen ve iade edilen beton miktarlarını göstermektedir. Burada ki iade betonların bir kısmını beton prizini almadan alt sınıf beton siparişlerine gönderdiklerini, gönderemedikleri betonu ise atık sahasında depoladıklarını belirtmişlerdir. Bu yöntem kalite standartlarına göre uygun olmayıp, her proje için özel olarak beton üretilmesi gerekmektedir. Kalite standartlarını tam anlamıyla yerine getirdikleri takdirde buradaki iade beton miktarı kadar taze atık beton oluşturma potansiyeli vardır. Ayrıca bu yöntem uygulanmasına rağmen ciddi miktarlarda atık oluştuğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.1. Antalya’da ki bir hazır beton tesisine ait beton üretim ve iade miktarı

	AY	ÜRETİLEN (m ³)	İADE (m ³)
2014	OCAK	38953,5	1382,8
	ŞUBAT	36633,2	1862,4
	MART	32730,4	1510,9
	NİSAN	30479,5	1028,5
	MAYIS	27923,0	664,7
	HAZİRAN	26413,5	588,4
	TEMMUZ	22702,0	785,8

	AĞUSTOS	19818,0	714,0
	EYLÜL	24530,5	999,8
	EKİM	18326,0	629,8
	KASIM	22618,0	885,9
	ARALIK	18308,5	705,9
2015	OCAK	16676,0	537,9
	ŞUBAT	20065,0	507,0
	MART	38684,0	1008,5
	NİSAN	47002,1	1519,9

Her ne kadar beton, hazır beton tesisinde bilgisayar ortamından hassas bir şekilde üretilse de, bazen birçok faktörden kaynaklı hatalı imalatlar olabilmektedir. Örneğin; hazır beton tesisine getirilen agreganın nem oranının fazla olması, veya üretim sırasında herhangi bir makinada arıza çıkması durumunda da hatalı imalat olmaktadır. Bu hatalı imatatlarda tek seferde çok fazla atık oluşumuna sebep olmaktadır. Yapılan saha ölçümlerinde bu gözlemlenmiştir.

4.2. Şantiyelerde Oluşan Atıklar ve Metraji Etkileyen Faktörler

Her ne kadar hazır beton tesislerinde oluşan beton atıklardan bahsedilmiş olsa bile şantiyelerde de birçok atığın meydana geldiği görülmüştür. Beton siparişini veren kişinin metrajları tamamen doğru bile olmuş olsa elinde olmayan faktörlerden kaynaklı birçok atık meydana gelmektedir. Örneğin;

- Temel metrajını doğru hesaplamış olsa bile; grobetonun 1 cm yukarıda dökülmesi 800 metrekare alanda 8 m³ beton az dökülmesine veya master çeken işçinin 1 cm aşağıda veya yukarıda master yapması aynı şekilde metrajda ciddi bir değişikliğe sebep olmaktadır. Bu değişiklik sipariş veren kişinin doğru şekilde sipariş vermesine engel olmaktadır. Böyle durumlarda şantiyelerde beton siparişi vermekte olan kişi genellikle hesapladığı metrajdan daha düşük bir beton siparişi vererek beton döküm işleminin tamamlanmasına yakın yerinde ölçüm yaparak sipariş miktarını eksiltip artırarak oluşan iadeden kaynaklı atığı minimize etmeye çalışmaktadır
- Metraj tam metreküpünde hesaplanmış dahi olsa beton santralinden çıkan transmikser hiç bir zaman istenilen miktarda doldurulamaz. Örneğin 10 m³ lük bir transmikser beton santralinde doldurulmak istenildiğinde tam 10 m³ olarak dolmaz, 9,8 – 10,1 gibi 10 m³ e yakın miktarlarda dolumu olmaktadır. Bu artı eksi miktarlar şantiyeye gelen betonun eksik olup ekstradan beton siparişi vererek atık oluşumuna sebep olmakta veya fazla gelen küsüratların birikmesinden kaynaklı atık betonların oluşumuna sebep olmaktadır.
- Şantiyelerde genellikle pompa ile beton döküm işlemi yapılmaktadır. Transmikserler ile sadece ulaşımı kolay transmikser ile döküm yapılabilecek grobeton, kanal gibi dökümlerde kullanılmaktadır. Beton pompasının çalışması için beton pompasının büyüklüğüne göre belli miktarda (0,3-0,6 m³ arasında) beton doldurulması gerekmektedir. Bunun hesaba katılmaması beton metrajlarını etkilemektedir. Ayrıca pompa ile döküm yaparken pompanın perde veya

kolonlarda hareket etmesi sonucu kalıp dışına beton dökülmesine sebep olmaktadır.

- Sadece transmikser veya yanlış metrajdan kaynaklı hatalar oluşmayabilir. Bazen yapılan imalatların kusurlu olmasından kaynaklı (kalıp açması, her tarafı kapatılmayan kalıptan beton sızması) atıklar meydana gelmektedir. Bu da sipariş edilen miktarın değişmesine sebep olmaktadır.



Şekil 4.5. Kalıp açması sonucu oluşan beton zaiyatı

- Şantiyelerde her zaman projeden metraj çıkartılarak imalatlar yapılamamaktadır. Bazı durumlarda yerinde ölçümler yapılarak beton siparişi verilmektedir. Böyle durumlarda metrajı çıkarılan yer düzgün yüzeyli olmadığı durumlarda metraj tam tutmayabilmektedir.
- Transmikserlerde oluşan atıklar sadece döküm sırasında değil aynı zamanda beton santralinden şantiyeye giderken transmikserlerin dik yokuşları çıkması sırasında betonun bir miktarını dışarıya dökülmesiyle de oluşmaktadır.

4.3. Oluşan Taze Atık Betonun Analizi

Yapılan bu ölçümler sonucunda 3 il için ayrı ayrı 10 adet değişken ile 191 adet veri girilmiştir. Bu değişkenler;

A1: Şehir

A2: Ölçüm Yapılan Mikser Sayısı

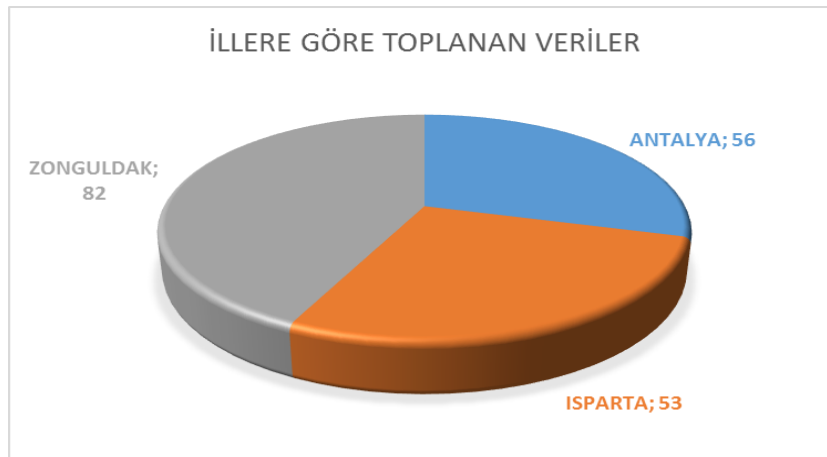
A3: Ölçüm Yapılmayan Mikser Sayısı

- A4: Kuru Atık Ağırlığı
A5: Şantiyeye Boşaltılan Beton Miktarı
A6: Beton Sipariş Miktarı
A7: İade Beton Miktarı
A8: Beton Sınıfı
A9: Sıcaklık
A10 : Mevsim olarak kodlanmıştır.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	A1	Numeric	8	0	Şehir	{1, Antalya}...	None	8	Right	Nominal	Input
2	A2	Numeric	8	0	Ölçüm Yapılan ...	None	None	8	Right	Scale	Input
3	A3	Numeric	8	0	Ölçüm yapılam...	None	None	8	Right	Scale	Input
4	A4	Numeric	8	2	Kuru Atık Ağırlığı	None	None	8	Right	Scale	Input
5	A5	Numeric	8	2	Şantiyeye Boş...	None	None	8	Right	Scale	Input
6	A6	Numeric	8	2	Sipariş Miktan	None	None	8	Right	Scale	Input
7	A7	Numeric	8	2	İade Miktarı	None	None	8	Right	Scale	Input
8	A8	Numeric	8	0	Beton Sınıfı	{1, C16}...	None	8	Right	Nominal	Input
9	A9	Numeric	8	0	Sıcaklık	None	None	8	Right	Scale	Input
10	A10	Numeric	8	0	Mevsimler	{1, İlkbahar}...	None	8	Right	Nominal	Input

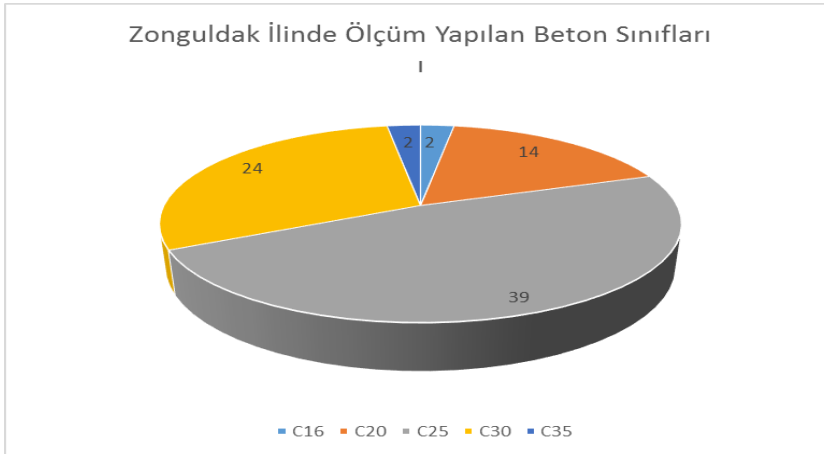
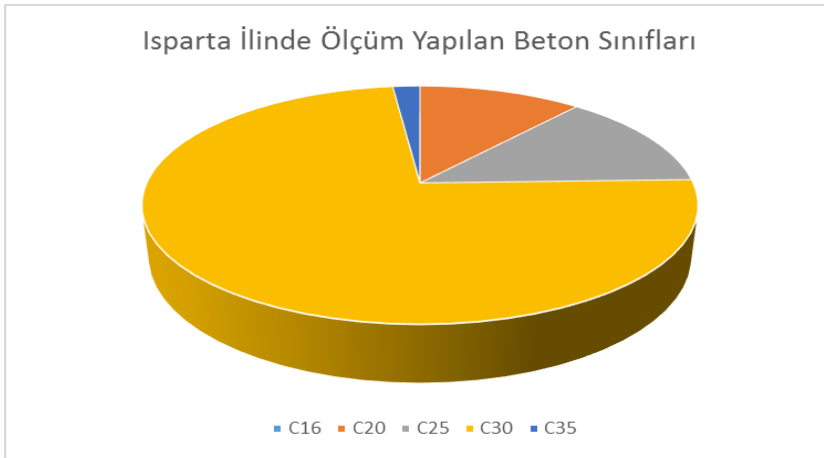
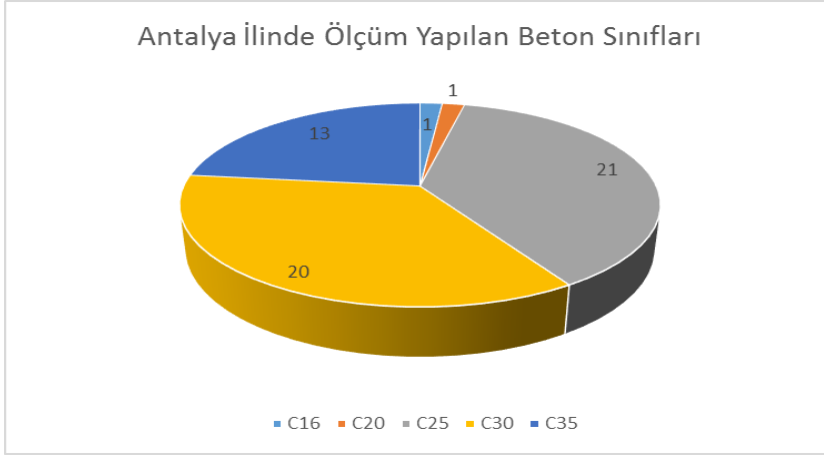
Şekil 4.6. Verilerin SPSS dosyasına girilmesi

Bu verilerin 56 tanesi Antalya ili, 53 tanesi ise Isparta ili ve 82 tanesi de aittir. Şekil 12' te analize ait pasta dilim grafiği verilmiştir. Zonguldak ilinde verilerin fazla gözükme sebebi, tek seferde 100 m3 civarında beton siparişinin olmayışı bu yüzden birden fazla ölçümler yapılmasından kaynaklanmaktadır.



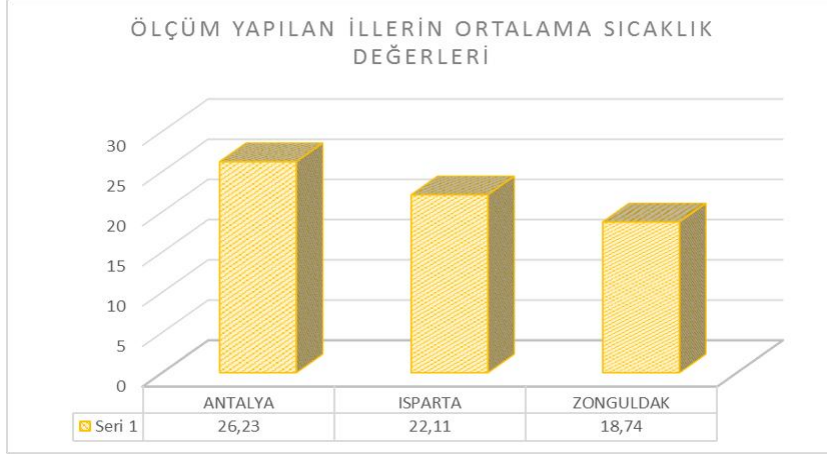
Şekil 4.7. Verilerin şehirlere göre dağılımı

Farklı zamanlarda yapılan ölçümler sonucunda beton sınıfının illere göre dağılımı Şekil 4.7'de verilmiştir.



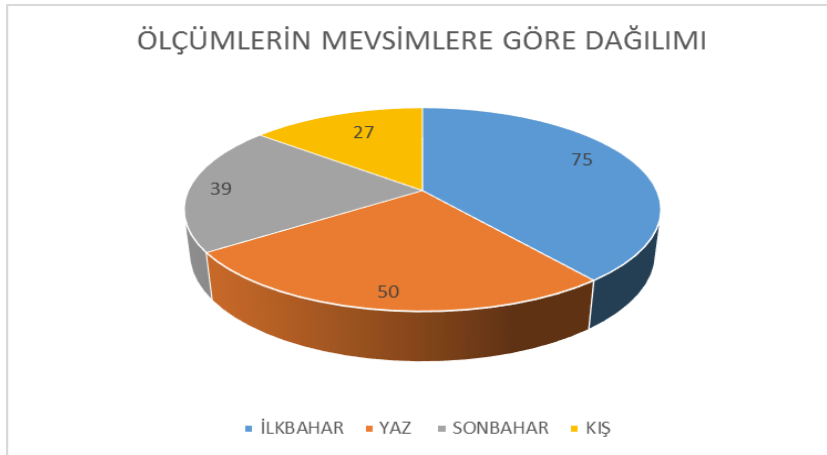
Şekil 4.8. Verilerin il il beton sınıfına göre dağılımı

Değişken olarak belirlediğimiz sıcaklığın illere göre farklılık gösterdiği ve bu verilere göre ölçüm yapılan günler baz alınarak ortaya çıkarılan illerin ortalama sıcaklık değerleri Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Ölçüm yapılan illerin ortalama sıcaklık değerleri

Üç farklı ilde yapılan ölçümlerin mevsimlere göre dağılım pasta grafiği Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Mevsimlere göre ölçüm dağılımı

Verilerin analizlerinin birinci aşamasında öncelikle atık miktarına etki eden faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple, proje süresince yapılan ölçümler vasıtası ile toplanan veriler kullanılarak, yaş beton atığı ile coğrafi konum, sıcaklık, beton sınıfı, sipariş miktarı arasında bir ilişki olup olmadığını kanıtlayacak hipotezler kurulmuştur. Ayrıca iade beton miktarı ile toplam beton siparişi arasında bir bağlantı olup olmadığı da sorgulanmıştır. Bu hipotezler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

Hipotez 1: Coğrafi bölgenin transmikser çeperine yapışarak oluşan atık miktarına etkisi vardır.

Hipotez 2: Sıcaklığın transmikser çeperine yapışarak oluşan atık miktarına etkisi vardır.

Hipotez 3: Mevsimlerin beton atık miktarına etkisi vardır.

Hipotez 4: Beton sınıfının transmikser çeperine yapışarak oluşan atık miktarına etkisi vardır.

Hipotez 5: Sipariş miktarının iade beton miktarına etkisi vardır.

Hipotez 6: Şantiyede teslim edilen beton miktarının oluşan iade miktarına bir etkisi vardır.

Hipotez 7: Transmikser sayısı oluşan atık miktarını etkilemektedir.

Hipotez 8: Transmikser boyutu, transmikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarını etkiler.

Hipotez 9: Transmikser içerisine doldurulan beton miktarı, transmikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarını etkiler.

Bir sevkiyatta oluşan atık miktarı o sevkiyatta kullanılan transmikserlerin çeperinde kalan atık ile döküm sonunda son transmikserde tesise geri dönen iade beton miktarının toplamı ile elde edilmektedir. Bu kapsamda, transmikser çeperinde oluşan atık miktarı sıcaklık, bölge ve beton sınıfı gibi değişkenlere bağlı olarak farklılık gösterme ihtimali varken sevkiyat sonucu ortaya çıkan iade miktarı sadece sipariş miktarının doğruluğuna bağlı olduğu varsayımı yapılmıştır. Analizlerde bu hipotezlerin her biri için ilgili oldukları faktörle korelasyonlarına bakılıp daha sonra etkisi olan faktörleri çıkarıp ANCOVA yöntemi ile bunların analizleri yapılmıştır. Üç şehir arasında oluşan kuru atık ağırlığında bir farklılık olup olmadığını analiz etmek için ise ANOVA testi yapılmıştır.

Hipotez 1: Coğrafi konum ile atık beton miktarına etkisi vardır.

Hipotez 1'e göre coğrafi konumun atık beton miktarına etkisini araştırmak için şehir ile atık miktarı arasında korelasyon yapılmıştır. Çizelge 4.2.'de verilen Pearson Korelasyon Değeri (PKD) -1 ile +1 arasında değişmekte olup bu değer -1'e yakın olması o hipotezin ters orantılı güçlü bir etkinin olduğu, +1 e yakın olması ise hipotezin doğruluğu yönünde pozitif bir etkinin olduğunu göstermektedir. Bu değer 0' a yakın olması ise o hipotezde savunulan faktörün etkisinin olmadığını göstermektedir. Buna göre, Çizelge 4.2.'deki görülen PKD +0,142 değerine göre, coğrafi bölgenin mikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarına etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Şehir ile oluşan atık miktarı arasındaki ilişki korelasyon yapılarak gösterilmiştir. Fakat üç şehrin birbirinden farklı olup olmadığı korelasyon ile gösterilemez. Bu nedenle, bu şehirlerin atık miktarları ile ilişkilerinin farklı olup olmadığını söyleyebilmek için, bu iki şehirdeki verileri birer grup olarak düşünüp bunlar arasında ANOVA testini yapılması gerekmektedir. Çizelge 4.3.'te bu verilere ait ANOVA testi sonuçları gözükmemektedir.

Çizelge 4.3.'e göre atık miktarı, şantiyeye boşaltılan beton miktarı, sipariş miktarı, iade miktarı, beton sınıfı ve sıcaklık değerleri ile iller arasındaki atık miktarı arasında bir ilişki gözükmemektedir.

Çizelge 4.2. Şehir ve transmikslerde kalan beton hacmi korelasyon sonucu

Veriler		Şehir	Transmikserde Kalan Beton Hacmi
Şehir	Pearson Korelasyon		
	Katsayısı	1	,142
	Sigma		,050
	N	191	191
Transmikserde Kalan Beton Hacmi	Pearson Korelasyon	,142	1
	Katsayısı		
	Sigma	,050	
	N	191	191

Çizelge 4.3. Şehirler arasındaki atık miktarı ilişkisi

ANOVA						
		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	Sig.
Atık Miktarı	Gruplar arası	1632820,888	2	816410,444	2,160	,118
	Gruplar içi	70669989,984	187	377914,385		
	Toplam	72302810,872	189			
Şantiyeye Boşaltılan Beton Miktarı	Gruplar arası	17160,065	2	8580,032	1,126	,326
	Gruplar içi	1432384,424	188	7619,066		
	Toplam	1449544,489	190			
Sipariş Miktarı	Gruplar arası	15229,463	2	7614,732	,873	,419
	Gruplar içi	1640146,369	188	8724,183		
	Toplam	1655375,832	190			
İade Miktarı	Gruplar arası	26,920	2	13,460	12,317	,000
	Gruplar içi	205,451	188	1,093		
	Toplam	232,371	190			
Beton Sınıfı	Gruplar arası	16,608	2	8,304	12,662	,000
	Gruplar içi	122,634	187	,656		
	Toplam	139,242	189			
Sıcaklık	Gruplar arası	1845,127	2	922,564	15,272	,000
	Gruplar içi	11356,779	188	60,408		
	Toplam	13201,906	190			

Hipotez 2: Sıcaklığın mikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarına etkisi vardır.

İnşaat beton döküm ve yerleştirme işlerinde sıcaklığın priz alma (sertleşme) süresi üzerinde ciddi bir etki olmasından dolayı bu hipotez oluşturulmuş olup, aşırı sıcaklarda veya soğuk havalarda mikser çeperine yapışarak oluşan atık miktarında herhangi değişikliğin olup olmadığına bakmak için bu iki değişken arasında korelasyon yapılmıştır. Çizeleğe 4.4'te verilen değerlere göre PKD -0,128 olup, bu değer 0'a yakın olmasından dolayı sıcaklığın, mikser çeperine yapışarak oluşan atığa bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Sıcaklık ve transmikslerde kalan beton hacmi korelasyon sonucu

Veriler		Sıcaklık	Transmikserde Kalan Beton Hacmi
Sıcaklık	Pearson Korelasyon		
	Katsayısı	1	-,128
	Sigma	,078	
	N	191	191
Transmikserde Kalan Beton Hacmi	Pearson Korelasyon	-,128	1
	Katsayısı		
	Sigma	,078	
	N	191	191

Hipotez 3: Mevsimlerin transmiksler çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarına etkisi vardır.

Bu korelasyonun transmiksler çeperine yapışarak oluşan atık miktarında, mevsimlere göre değişim olup olmadığını göstermek için yapılmış olup, korelasyon sonucu PKD 0,158 çıkması (yani 0'a çok yakın olması) çeperlere yapışarak oluşan atık ile mevsimler arasında bir bağıntı olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Mevsimler ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonucu

Korelasyonlar		Atık Ağırlığı	Mevsimler
Atık Miktarı	Pearson Korelasyon	1	,158*
	Sig. (2-tailed)		,030
	N	190	190
Mevsimler	Pearson Korelasyon	,158*	1
	Sig. (2-tailed)	,030	
	N	190	191

Hipotez 4: Beton sınıfının mikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarına etkisi vardır.

İnşaat sektöründe, farklı tipteki projelerde farklı özelliklere sahip yapı malzemeleri kullanılmaktadır. Kurulan bu hipotezde, üretilen beton sınıfının, mikser çeperine yapışarak oluşan atığa bir etkisi olup olmadığını göstermek için, bu iki faktör arasında korelasyon analizi yapılmış ve Çizelge 4.6.'da sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 4.6.'da PKD 0,056'dır ve bu değer 0'a çok yakın olduğundan dolayı yaş beton atığı ile beton sınıfı arasında bir ilişki bulunmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.6. Beton sınıfı ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonucu

Veriler	Beton Sınıfı	Transmikserde Kalan Beton Hacmi
Beton Sınıfı	Pearson Korelasyon	
	Katsayısı	1
	Sigma	,056
	N	,441
		191
Transmikserde Kalan Beton Hacmi	Pearson Korelasyon	1
	Katsayısı	,056
	Sigma	,441
	N	191

Hipotez 5: Sipariş miktarının iade beton miktarına etkisi vardır.

Beton siparişinin dökülecek beton miktarına göre verilmeye çalışılmasına rağmen, inşaat sektöründe mevcut olan imalat koşulları nedeni ile bu sipariş miktarı her zaman tutturulamamaktadır. Sipariş edilen beton miktarının, iade beton miktarını etkileyip etkilemediğini görmek, sipariş miktarı ile iade miktarı arasında bir ilişki olup olmadığını söyleyebilmek için korelasyon yapılmıştır. Çizelge 4.7.'de bu korelasyon değerleri verilmiş olup, PKD +0,024 olarak hesaplanmıştır. Bu değer sipariş miktarı ile iade miktarı arasında bir ilişki olmadığını göstermektedir. Önceki bölümde, hazır beton tesislerinde uygulanan beton sipariş ve döküm yöntemi nedeniyle siparişlerin gerçeği yansıtmadığı belirtilmiştir. Yapılan korelasyon analizinde sipariş miktarı ile iade miktarı arasında bir ilişki çıkmaması bu durumu desteklemiştir. Bu anlamda, birim atık miktarını hesap edebilmek adına bir sevkiyat için üretilmiş olan beton miktarı ile o sevkiyat sonucu ortaya çıkan atık miktarı arasında bir ilişkiyi incelemek adına yeni bir hipotez kurulmuştur.

Çizelge 4.7. Sipariş miktarı ve iade miktarı arasında korelasyon sonucu

Veriler		Sipariş Miktarı	İade Miktarı
Sipariş Miktarı	Pearson Korelasyon		
	Katsayısı	1	,024
	Sigma		,746
	N	191	191
İade Miktarı	Pearson Korelasyon	,024	1
	Katsayısı		
	Sigma	,746	
	N	191	191

Hipotez 6: Şantiyede teslim edilen beton miktarının oluşan iade miktarına bir etkisi vardır.

Diğer hipotezlerde yapıldığı şekilde, şantiyede teslim edilen beton miktarı ile iade miktarı arasında korelasyon kurularak, PKD 0,29'a ulaşılmıştır (Çizelge 4.8.). Bu sonuca göre Hipotez 6 doğrulanamamıştır.

Çizelge 4.8. Şantiyede boşaltılan beton miktarı ve iade miktarı arasındaki korelasyon sonucu

Veriler		Şantiyede Boşaltılan Beton Miktarı	İade Miktarı
Şantiyede Boşaltılan Beton Miktarı	Pearson Korelasyon Katsayısı		
	Sigma	1	,029
	N	191	,694
İade Miktarı	Pearson Korelasyon Katsayısı	,029	1
	Sigma	,694	
	N	191	191

Teslim miktarı ile toplam iade miktarı arasında bir korelasyonun olmaması teslim miktarının toplam atık miktarına bir etkisi olmadığını göstermektedir. Ancak, yapılan ölçümler belirli aralıklarla belirli sevkiyatlar için gerçekleştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle ölçümler genelde 100 m³'e yakın beton siparişleri için gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, farklı sipariş miktarlarında, teslim miktarı ile toplam iade miktarı arasında bir korelasyon olup olmadığını incelemek adına 16 tesisten elde edilmiş olan yıllık üretim miktarı ile iade miktarı karşılaştırılmıştır.

Sipariş miktarı, teslim miktarı ve yıllık üretim miktarının oluşan atık miktarına bir etkisinin olmaması, temel olarak hazır beton tesisleri tarafından uygulanan beton sipariş ve döküm yönteminden kaynaklanmaktadır. Önceki bölümde de ifade edildiği gibi, son bir veya iki transmikserlik üretim son ana kadar bekletildiği için sevkiyat başına oluşan atık bir transmikserin kapasitesini geçmemektedir.

Hipotez 7: Transmikser sayısı oluşan atık miktarını etkilemektedir.

Transmikser sayısı ile transmikser içerisinde oluşan atık miktarı arasında bir ilişki olup olmadığı incelemek için, ölçüm yapılan transmikser sayısı ile transmikserde kalan beton miktarı arasında korelasyon yapılmıştır. Korelasyon sonucu Çizelge 4.9.'da görülmektedir.

Çizelge 4.9. Ölçüm yapılan mikser sayısı ve transmikserde kalan beton hacmi arasında korelasyon

Veriler		Ölçüm Yapılan Transmikser Sayısı	Transmikserde Kalan Beton Hacmi
Ölçüm Yapılan	Pearson Korelasyon		
Transmikser Sayısı	Katsayısı	1	,984
	Sigma		,000
	N	190	190
Transmikserde Kalan	Pearson Korelasyon	,984	1
Beton Hacmi	Katsayısı		
	Sigma	,000	
	N	190	190

Çizelge 4.9.'da yer alan PKD 0,984'ün, 1 değerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu değer, transmikser sayısı ile atık miktarı arasında güçlü bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Ayrıca değer pozitif olması da, 2 veriden birinin artarken diğerinin de arttığını göstermektedir.

Hipotez 8: Transmikser boyutu, transmikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarını etkiler.

Yapılan çalışmada transmikser çeperine yapışarak oluşan atık miktarını belirlemek için Antalya'da 464, Isparta'da 471 ve Zonguldak'ta 781 olmak üzere toplam 1716 adet transmikser ölçülmüştür (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.11'de sonuçları verilen analizde değişken olarak, şehir, transmikser boyutu, transmiksere doldurulan hacim, transmikser birim atık oranı (V_{mikser}) ve atık miktarı girilmiştir. (Transmikser birim atık oranı (V_{mikser}), transmikserde kalan beton hacmi / transmikserde doldurulan beton hacmi * 100 şeklinde hesaplanmıştır.)

Çizelge 4.10. Şehirlere göre kullanılan transmikser sayıları

		Vaka İşleme Özeti					
		Vakalar					
		Geçerli		Eksik		Toplam	
		N	Yüzde	N	Yüzde	N	Yüzde
V_{mikser} (Transmikser Birim Atık Oranı)	Antalya	464	100,0%	0	0,0%	464	100,0%
	Isparta	471	100,0%	0	0,0%	471	100,0%
	Zonguldak	781	100,0%	0	0,0%	781	100,0%

Transmikser boyutu ile çeperlere yapışarak oluşan atık beton arasında bir ilişki olup olmadığını öğrenmek için bu iki faktör arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda PKD, -0,185 değeri çıkararak transmikser boyutu ile transmikser çeperine yapışarak oluşan atık betonun bir ilişkisi olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Transmikser boyutu ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonuçları

Korelasyon		Atık Miktarı	Transmikser Boyutu
Atık Miktarı	Pearson Korelasyon	1	-,185**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	1716	1716
Transmikser Boyutu	Pearson Korelasyon	-,185**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	1716	1716

Hipotez 9: Transmikser içerisine doldurulan beton miktarı, transmikser çeperine yapışarak oluşan atık beton miktarını etkiler.

Transmikser çeperine yapışarak oluşan atık betonun, transmikser içerisine doldurulan beton miktarı ile bir ilişkisi olup olmadığını belirlemek için bu iki değişken arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucundan PKD -0.090 çıkmış ve aralarında bir ilişki olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.12.).

Çizelge 4.12. Transmikserine doldurulan beton miktarı ile atık miktarı arasındaki korelasyon sonuçları

Korelasyon		Transmikserine Doldurulan Beton Hacmi	Atık Miktarı
Transmikserine Doldurulan	Pearson Korelasyon	1	-,090**

Beton Miktarı	Sig. (2-tailed)		,000
	N	1716	1716
	Pearson Korelasyon	-,090**	1
Atık Miktarı	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	1716	1716

4.4. Birim Atık Oranları

Projenin ana konusu olan birim atık miktarını belirlemek amacıyla her bir transmikser için transmikser birim atık oranı hesaplanmıştır. Bu oran, 1.716 adet ölçüm yapılan transmikser için, %95 güven aralığında V_{mikser} Min %0,5, V_{mikser} Maks. %1,56 V_{mikser} Ort. %0,3235 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13.). Bu sonuca göre 1 m^3 hazır beton başına düşen birim atık miktarı $x 0,3235 x 2400 / 100 = 7,764 \text{ kg}$ olmaktadır.

Şehirler ile atık miktarı arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ANOVA testi uygulanmıştır ve Çizelge 4.14'deki sonuçlara göre ortaya çıkan 0,00 değeri, bu iki faktör arasında bir ilişki olmadığını göstermiştir.

Çizelge 4.13. Transmikser başına düşen birim atık oranları

	Tanımlayıcı İstatistikler						
	N	Ölçek	Min.	Maks.	Ort.	Std. Sapma	Varyans
V_{mikser} (Transmikser Birim Atık Oranı)	1716	1,51	,05	1,56	,3235	,15936	,025
Geçerli N (listeye göre)	1716						

Çizelge 4.14. Şehir ile atık miktarı arasında yapılan Anova testi

ANOVA					
Şehir	Kareler Toplamı	df	Ortalamaların Karesi	F	Sig.
Gruplar arası	1044,794	676	1,546	11,337	,000
Grup içi	141,645	1039	,136		
Toplam	1186,440	1715			

Aynı şekilde, şehirler ile V_{mikser} arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için ANOVA testi uygulanmıştır. Bu testin sonucu Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu sonuca göre şehirler ile V_{mikser} arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 4.15. Şehir ile V_{mikser} arasında yapılan Anova testi

ANOVA					
Şehir	Kareler Toplamı	df	Ortalamaların Karesi	F	Sig.
Gruplar arası	680,221	480	1,417	3,457	,000
Grup içi	506,219	1235	,410		
Toplam	1186,440	1715			

Proje kapsamında ölçüm yapılan şehirlerin V_{mikser} değerlerini ayrı ayrı incelemek için yapılan analizlerin sonucu Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Buna göre, V_{mikser} ortalama değerleri Antalya için 0,216, Isparta için 0,3365 ve Zonguldak için 0,3550 olarak hesaplanmıştır.

Proje süresince yapılan ölçümler sırasında, müşterilerin beton santrallerine verdikleri siparişlerin tutarlılığı da takip edilmiştir. Eğer bir müşteri, verdiği ilk sipariştten daha az beton teslim alırsa eksi (-) değer, daha fazla beton teslim alırsa (+) değer olarak kaydedilmiştir. Bu duruma sebep olan çeşitli etkenler olabilir. Örneğin, temel metrajı doğru hesaplanmış olsa bile, grobetonun 1 cm yukarıda dökülmesi 800 metrekare alanda 8 m³ betonun az dökülmesine veya master yapan bir işçinin 1 cm aşağıda veya yukarıda master yapması dökülen beton miktarında değişikliğe sebep olmaktadır. Ayrıca pompa ile yapılan beton dökümü esnasında, tabliye, perde veya kolon kalıplarının dışına saçılan ve bu kalıpların beton basıncı nedeniyle genişmesi nedeniyle fazladan kullanılan betonlar da metraj hesabında hatalara yol açabilmektedir. Proje kapsamında yapılan şantiye ziyaretlerinde, beton metrajı yapıldıktan sonra, metrajı yapan kişinin tecrübesine göre belirlediği bir katsayı ile çarparak sipariş miktarını arttırdığı fark edilmiştir ((-) değerler). Bu katsayıyı bulmak adına yapılan karşılaştırmalarda kullanılan veriler Çizelge 4.17.'de gösterilmiştir. Karşılaştırmaların il bazında sonuçları Çizelge 4.18.'de yer almaktadır. Çizelge 4.18.'e göre, metraj miktarını arttırmak için kullanılan bu katsayı Antalya için %5,36, Isparta için %9,8 ve Zonguldak için %5,64 olarak tespit edilmiştir. Tüm iller bir arada değerlendirildiğinde ise bu değer Çizelge 4.19.'de verilen %6,55 değerine eşittir. Bu katsayı değeri, Türkiye genelinde beton siparişi esnasında güvenli tarafta kalmak için kullanılan katsayı olarak tanımlanabilir.

Çizelge 4.16. Şehirlerin V_{mikser} için ayrı ayrı analizleri sonucu ortaya çıkan tanımlayıcı istatistik değerleri

Tanımlayıcı İstatistikler				
Şehir			İstatis.	Std. Hata
V_{mikser} (Transmikser Birim Atık Oranı)	Antalya	Ortalama	,2161	,00293
		95% Güven aralığı	Alt sınır	,2103
			Üst sınır	,2218
			5% Trimmed Mean	,2158
		Median	,2210	

	Varyans		,004	
	Std. Sapma		,06313	
	Minimum		,05	
	Maksimum		,57	
	Ölçek		,52	
	Interquartile Range		,09	
	Skewness		,258	,113
	Kurtosis		1,593	,226
	Ortalama			,00938
	95% Güven aralığı	Alt sınır	,3180	
		Üst sınır	,3549	
	5% Trimmed Mean			
	Median			
	Varyans			
Isparta	Std. Sapma			
	Minimum			
	Maksimum			
	Ölçek			
	Interquartile Range			
	Skewness			,113
	Kurtosis			,225
	Ortalama			,00486
	95% Güven aralığı	Alt sınır	,3700	
		Üst sınır	,3890	
	5% Trimmed Mean			
	Median			
	Varyans			
Zonguldak	Std. Sapma			
	Minimum			
	Maksimum			
	Ölçek			
	Interquartile Range			
	Skewness			,087
	Kurtosis			,175

Ancak, inşaat projelerinde bazı durumlarda sipariş edilenden daha az beton teslim alınan durumların olduğu bilinmektedir. Örneğin, üretim yapılması planlanan kısımlar için zamanın yetmemesi durumunda veya daha önce belirtilen işçilikten kaynaklanan etkenler nedeniyle sipariş edilen miktardan daha az beton teslim alınabilir. Bu durumda, ölçümler sonucu yapılan hesaplamalara göre, bir mühendisin beton siparişi verirken çizimler üzerinden yaptığı beton metrajını elde edilen bu katsayı ile çarparak sipariş verdiği söylenebilir.

(-) değer olarak tanımlanan durumların yanında, (+) değer olarak tanımlanan durumlar ise, müşterinin ilk başta verdiği sipariştten daha fazla beton teslim aldığı durumlar olarak belirlenmiştir. Bu değerler ilişkin yapılan işlem sürecinin özeti Çizelge 4.20.'de verilmiştir. Mevcut veriler ile yapılan il bazında karşılaştırma analizlerine göre, (+) değer katsayısı Antalya için %6,41, Isparta için %6,26 ve Zonguldak için %13,92'dir (Çizelge 4.21.).

Bu değerlerin ortalaması Çizelge 4.22.'de gösterildiği gibi %8,96'dır. Bu orana göre, Türkiye genelinde verilen beton siparişlerinde metraj miktarının %8,96 oranında eksik olduğu söylenebilir. Fakat beton siparişi verirken uygulanan yöntemler göz ardı edilmemelidir. Daha önce de belirtildiği gibi, beton siparişi verilirken, gereğinde fazla sipariş vermemek için duruma göre siparişi arttıracak şekilde bir program izlendiği görülmüştür. Ayrıca, yapılan şantiye ziyaretlerinde bazı durumlar fazladan beton ihtiyacı doğduğu belirlenmiştir. Örneğin, o gün için yapılan üretimin, planlanandan daha erken bitmesi durumunda daha önceden hazırlanmış olan kısımlara beton dökümü yapılabilmektedir. İşçilik ile ilgili etkenlerin, sipariş edilenden fazla beton teslim alma durumuna da sebebiyet verebilecekleri de unutulmamalıdır.

Çizelge 4.17.. Müşteri birim atık oranı vaka süreci özeti ((-) değerler için)

		Vaka Süreç Özeti					
		Vakalar					
		Geçerli		Eksik		Toplam	
		N	Yüzde	N	Yüzde	N	Yüzde
Müşteri Birim Atık Oranı (-)	ANTALYA	31	100,0%	0	0,0%	31	100,0%
	ISPARTA	27	100,0%	0	0,0%	27	100,0%
	ZONGULDAK	56	100,0%	0	0,0%	56	100,0%

Çizelge 4.18. İl bazında müşteri birim atık oranı ((-) değerler için)

		Tanımlayıcı İstatistikler			
		Şehir	İstatis.	Std. Hata	
Müşteri Birim Atık Oranı (-)	ANTALYA	Ortalama	-5,3604	,83789	
		95% Güven aralığı	Alt sınır Üst sınır	-7,0716 -3,6492	
		5% Trimmed Mean		-5,1337	
		Median		-4,7296	
		Varyans		21,764	
		Std. Sapma		4,66518	
		Minimum		-14,81	
		Maksimum		-,38	
		Ölçek		14,43	
		Interquartile Range		9,03	
		Skewness		-,554	,421
		Kurtosis		-1,160	,821

	Ortalama		-9,8018	,90575
	95% Güven aralığı	Alt sınır	-11,6636	
		Üst sınır	-7,9400	
	5% Trimmed Mean		-9,7226	
	Median		-9,7321	
	Varyans		22,150	
ISPARTA	Std. Sapma		4,70641	
	Minimum		-22,00	
	Maksimum		-,62	
	Ölçek		21,38	
	Interquartile Range		4,82	
	Skewness		-,135	,448
	Kurtosis		1,034	,872
	Ortalama		-5,6466	1,15931
	95% Güven aralığı	Alt sınır	-7,9699	
		Üst sınır	-3,3233	
	5% Trimmed Mean		-4,4663	
	Median		-1,3136	
	Varyans		75,264	
ZONGULDAK	Std. Sapma		8,67549	
	Minimum		-35,11	
	Maksimum		-,03	
	Ölçek		35,09	
	Interquartile Range		7,10	
	Skewness		-2,050	,319
	Kurtosis		3,562	,628

Çizelge 4.19. Ortalama müşteri birim atık oranı ((-) değerler için)

Tanımlayıcı İstatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Müşteri Birim Atık Oranı (-)	114	-35,11	-,03	-6,5529	7,12930
Geçerli N (listeye göre)	114				

Çizelge 4.20. Müşteri birim atık oranı vaka süreci özeti ((+) değerler için)

Vaka Süreç Özeti							
Şehir		Vakalar					
		Geçerli		Eksik		Toplam	
		N	Yüzde	N	Yüzde	N	Yüzde
Müşteri Birim Atık Oranı (+)	ANTALYA	24	100,0%	0	0,0%	24	100,0%
	ISPARTA	25	100,0%	0	0,0%	25	100,0%

ZONGULDAK	26	100,0%	0	0,0%	26	100,0%
-----------	----	--------	---	------	----	--------

Çizelge 4.21. İl bazında müşteri birim atık oranı ((+) değerler için)

Tanımlayıcı İstatistikler			
Sehir			İstatistik Std. Hata
ANTALYA	Ortalama		6,4119 1,58375
	95% Güven aralığı	Alt sınır	3,1356
		Üst sınır	9,6881
	5% Trimmed Mean		5,4419
	Medyan		2,7306
	Varyans		60,199
	Std. Sapma		7,75877
	Minimum		,27
	Maksimum		32,47
	Ölçek		32,21
	Interquartile Range		7,96
	Skewness		2,026 ,472
	Kurtosis		4,545 ,918
	Ortalama		6,2662 1,73410
	95% Güven aralığı	Alt sınır	2,6872
		Üst sınır	9,8452
	5% Trimmed Mean		5,0063
	Medyan		2,4772
	Varyans		75,177
ISPARTA	Std. Sapma		8,67048
	Minimum		1,19
	Maksimum		36,13
	Ölçek		34,94
	Interquartile Range		5,20
	Skewness		2,450 ,464
	Kurtosis		5,858 ,902
	Ortalama		13,9172 2,96819
	95% Güven aralığı	Alt sınır	7,8041
		Üst sınır	20,0303
ZONGULDAK	5% Trimmed Mean		12,0148
	Medyan		9,7858
	Varyans		229,064
	Std. Sapma		15,13485
	Minimum		1,49
	Maksimum		63,71
	Ölçek		62,22

Interquartile Range	12,16	
Skewness	2,141	,456
Kurtosis	4,574	,887

Çizelge 4.22. Ortalama müşteri birim atık oranı ((+) değerler için)

Tanımlayıcı İstatistikler					
	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Müşteri Birim Atık Oranı (+)	75	,27	63,71	8,9652	11,56157
Geçerli N (listeye göre)	75				

5. SONUÇ

Proje süresinde yapılan çalışmalarda, hazır beton üretimi sırasında oluşan atıkların sebepleri ortaya konulmuştur. Bu sebepler, (i) betonun transmikser dolumu ve yıkanması sırasında (ii) transmikserlerden numune alınması sonucu (iii) transmikserin iç çeperine beton yapışması sonucu (iv) iade edilen beton nedeniyle oluşan atıklar olarak sıralanır. Bu sebepler içerisinde, transmikserin iç çeperine yapışarak dökülemeyen beton miktarları, çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ölçülen toplam 17.185,27 m³ betonun içerisinde en çok kullanılan beton sınıfının C25 ve C30 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu miktar planlanan 15.600 m³ betondan 1.585,27 m³ fazla olması nedeniyle projede yapılacak hesaplamalar için yeterli miktara ulaşılmıştır.

Elde edilen verilere dayanarak kurulan 9 adet hipotez içerisinde, 7 numaralı “transmikser sayısı oluşan atık miktarını etkilemektedir” hipotezi kabul edilirken, diğer tüm hipotezler reddedilmiştir. Ek olarak, şehirler ile atık miktarı ve şehirler ile V_{mikser} arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek için uygulanan ANOVA testi sonuçlarına göre, bu faktörler arasında bir ilişki bulunamamıştır. Buna göre beton atık miktarını hesaplamak için transmikserin sayısının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu kapsamda, birim atık miktarını belirlemek amacıyla her bir transmikser için transmikser birim atık oranı (V_{mikser}) hesaplanmıştır. İller için ayrı ayrı yapılan hesaplamaların sonuçlarına göre, V_{mikser} ortalama değerleri Antalya için 0,216, Isparta için 0,3365 ve Zonguldak için 0,3550 olarak hesaplanmıştır. Tüm ölçümler bir arada değerlendirildiğinde, ölçüm yapılan 1.716 adet transmikser için birim atık oranlarını V_{mikser} Min % 0,5, V_{mikser} Maks. % 1,56 V_{mikser} Ort. % 0,3235 olarak bulunmuştur (Tablo 14.). Bu sonuçlara göre transmiksere doldurulan betonun ortalama %0,3235’inin atık haline geldiği ve 1 m³ hazır beton başına düşen birim atık miktarı $x 0,3235 x 2400 / 100 = 7,764$ kg olduğu ortaya çıkmaktadır.

Proje kapsamında yapılan şantiye ziyaretlerinde, beton metrajı yapıldıktan sonra, metrajı yapan kişinin tecrübesine göre belirlediği bir katsayı ($V_{planlama}$) ile çarparak sipariş miktarını arttırdığı fark edilmiştir. Tüm iller bir arada değerlendirildiğinde $V_{planlama}$ değerinin %6,55 olduğu belirlenmiştir. Bu katsayı değeri, Türkiye genelinde beton siparişi esnasında güvenli tarafta kalmak için kullanılan katsayı olarak tanımlanabilir. Ancak, inşaat projelerinde bazı durumlarda sipariş edilenden daha az beton teslim alınan durumların olduğu bilinmektedir ve bu nedenle bu katsayı her durum için geçerli olmayabilir. Ayrıca, verilen sipariştan daha fazla beton teslim alındığı durumlar için, mevcut verilerle yapılan hesaplamalara göre, Türkiye genelinde verilen beton siparişlerinde metraj miktarının %8,96 oranında hatalı olduğu söylenebilir. Ancak, işçilik veya sipariş ile ilgili çeşitli etkenlerin, sipariş edilenden fazla beton teslim alma durumuna da sebebiyet verebilecekleri unutulmaması gerektiğinden, bu katsayıya dikkatle yaklaşılmalıdır.

KAYNAKLAR

AGRAWAL, S. 1990. "Waste Management: A Systems Perspective". Industrial Management & Data Systems, 90(5).

ALPMAN, E. 2012. Transmikser Taşıyıcı Konsollarının Tasarımı ve Analizi, (Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi.

ARUNTAŞ, H. 1988. Bir Katkı Malzemesinin Betonun Fiziksel Özelliklerine Etkisi, (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.

BAYTAN, M. 2007. Origins and Magnitude of Waste in the Turkish Construction Industry, (MSc. Thesis). Middle East Technical University.

BOSSINK, B. and BROUWERS, H., 1996. Construction Waste: Quantification and Source Evaluation, Journal of Construction Engineering and Management. 122, 1, 55-60.

CHO, Y. and YEO S., 2004. Application of Recycled Waste Aggregate to Lean Concrete Subbase in Highway Pavement, Canadian Journal of Civil Engineering. 31, 1101-1108.

CLAYTON, K. ve HUIE, J., 1973. Solid Wastes Management The Regional Approach, Ballinger Publisher Company. Cambridge.

COOKE, B. and WILLIAMS, P., 2004. Construction Planning, Programming and Control. Blackwell, Oxford, Pp: 456.

COŞKUN, U., 2007. Hazır Beton Santrallerinde Geri Dönüşüm Sistemi ile Kazanılan Atık Suyun (Milli Su) Beton Üretiminde Değerlendirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi.

CURWIN, J. and SLATER, R., 1992. Quantitative Methods for Business Decisions. 3rd Edn, Chapman and Hall, London, Pp: 426.

ÇELİK, B., 2007. Recycled Aggregate Concrete at Elevated Temperatures, (Doktora Tezi). Boğaziçi Üniversitesi.

ÇİMSA, 2010. Sürdürülebilirlik Rapor. www.cimsa.com.tr.

DAJANI, J. ve WARNER, D., 1980. "Solid Waste Systems Planning", Handbook of Environmental Engineering: Solid Waste Processing and Resource Recovery, Ed. L. K. Wang, N. C. Pereira, Vol. 2, the Human press, New Jersey, USA.

DEMİRYÜREK, B., 2007. Türkiye'de Hazır Beton Sektörü ve Sektördeki Büyüme, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.

EPA, Environmental Protection Agency, 1989. The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action, EPA, 330-SW-89-019, February.

ERDOĞAN, T., 2003. Beton, 1. Baskı, ODTÜ Geliştirme Vakfı, Ankara.

ERMCO. 2013. Ready-Mixed Concrete Industry Statistics, <http://www.ermco.eu/documents/statistics/ermco-statistics-y-2013-final-version.pdf>.

FRICS, J., 1996. Estimating for Building and Civil Engineering Works, 9th Edn, Butterworth Heinemann, Oxford, Pp: 448.

GARVIN, S., 2004 Construction Waste: the Bigger Picture, Presentation at Seminar "Waste Minimization in Construction – 2004: Saving Money by Reducing Waste", Livingston-Scotland.

GUZMAN, J., MARRERO, M., DELGADO, M. and ARELLANO, A., 2009. Spanish Model for Quantification and Management of Construction Waste, Waste Management, 29, 2542-2548.

GÜLER, Ç., ve ÇOBANOĞLU, Z., 1996. Sağlık Açısından Çöp, Tıbbi Dökümantasyon Merkezi Toplum Sağlığı Dizisi No: 14, Ankara.

HAGERTY, D., PAVONI, J. ve HEER, J., 1973. Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold Company, USA.

HENDRIKS, C. and PIETERSEN, H., 2000. Sustainable Raw Materials: Construction and Demolition Waste, Report 22, RILEM Publications, France, Pp: 201.

HERRADOR, R., PEREZ, P., GARACH, L. and ORDONEZ, J., 2012. Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing, Journal of Transportation Engineering, 138, 2, 182-190.

ISATTO, E., FORMOSO, C., DE CESARE, C., HIROTA, E. and ALVES, T., 2000. Lean Construction: Guidelines and Tools for Controlling Waste in Building, SEBRAE/RS, Porto Alegre, Brazil.

KANTAR, E., 1998. İzmir ve Yöresinde Üretilen Hazır Betonların Sınıf Dayanımlarına Göre İstatistiksel İncelenmesi ile Kür Şartlarının Beton Dayanımlarına Olan Etkileri, (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi.

KAZAZ, A., ULUBEYLI, S. and TURKER, F., 2004. The Quality Perspective of the Ready-Mixed Concrete Industry in Turkey, Building and Environment, 39, 11, 1349-1357.

KERZNER, H., 2009. Project Management: a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling, 10th Edn, John Wiley and Sons, New Jersey, Pp: 1094.

KOU, S., ZHAN, B. and POON, C., 2012. Feasibility Study of Using Recycled Fresh Concrete Waste as Coarse Aggregates in Concrete, *Construction and Building Materials*, 28, 1, 549-556.

LEWIS, J., 2001. *Project Planning, Scheduling, and Control: a Hands-On Guide to Bringing Projects in on Time and on Budget*, 3rd Edn., McGraw-Hill, New York, Pp: 550.

MEHTA, P., 2002. Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development, *Concrete International*, 24, 23-28.

MULHERON, M., 1988. The Recycling of Demolition Debris, Current Practice, Products and Standards in the United Kingdom, *Proceedings of the Second International RILEM Symposium, Tokio-Japan*, pp: 510–519.

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

NEVILLE, A., 2000. *Properties of Concrete*, Third Edition, Longman, New York.

OSMANI, M., GLASS, J. and PRICE, A., 2008. Architects' Perspectives on Construction Waste Reduction by Design, *Waste Management*, 28, 1147-1158.

ÖZKUL, H., TASDEMİR, M., UYAN, M. ve TOKYAY, M., 1999. *Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton*, THBB, İstanbul.

ÖZSÖYLEV, T., 1992. *Hazır Beton ve Ekipmanları*, Hazır Beton Üreticileri Derneği, İstanbul.

ÖZTÜRK, M., 2005. *İnşaat/Yıkıntı Atıkları Yönetimi*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

PALABIYIK, H., 2001. *Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği*, Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

POON, C., YU, A., WONG, S. and CHEUNG, E., 2004. Management of Construction Waste in Public Housing Projects in Hong Kong, *Construction Management and Economics*, 22, 675-89.

POSTACIOĞLU, B., 1987. *Agregalar, Beton*, Cilt 2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

RAO, A., KUMAR, N. and MISRA, S., 2007. Use of Aggregates from Recycled Construction and Demolition Waste in Concrete, *Resources, Conservation and Recycling*, 50, 71-81.

RITZ, G., 1994. *Total Construction Project Management*, McGraw-Hill, New York, Pp: 448.

SCHUETTE, S. and LISKA, R., 1994. Building Construction Estimating, McGraw-Hill, New York, Pp: 512.

SEO, S. and HWANG, Y., 1999. An Estimation of Construction and Demolition Debris in Seoul, Korea: Waste Amount, Type, and Estimation Model, Journal of the Air and Waste Management Association, 49, 980–985.

SHEN, L. and TAM, W., 2002. Implementing of Environmental Management in the Hong Kong Construction Industry, International Journal of Project Management, 20, 7, 535–543.

SILVA, R., DE BRITO, J. and SAIKIA, N., 2013. Influence of Curing Conditions on the Durability-Related Performance of Concrete Made with Selected Plastic Waste Aggregates, Cement and Concrete Composites, 35, 1, 23-31.

SOBHAN, M., MOFIZ, S. and RASEL, H., 2011. Effect of Gradation and Compactive Effort on the Properties of Bituminous Mixes with Waste Concrete Aggregates, International Journal of Civil and Environmental Engineering, 11, 4, 18-21.

SOBRI, M., HAMZAH S. and RIDZUAN, A., 2011. Ultimate Strength of Steel Fabric Reinforced Concrete Short Wall Panel Using Crushed Concrete Waste Aggregate (CCWA), International Journal of Civil and Environmental Engineering, 11, 1, 64-80.

SOIBELMAN, L., 1993. Material Waste in Building Construction: Occurrence and Control, (MSc Dissertation), Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

ŞİMŞEK, O., 2004. Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

TAM, V. and TAM C., 2007. Economic Comparison of Recycling Over-Ordered Fresh Concrete: a Case Study Approach, Resources, Conservation and Recycling, 52, 2, 208–218.

TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H. and ELIOSSEN, R., 1977. Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill.

THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği). 2013. 2012 Yılı Hazır Beton Sektörü İstatistikleri, THBB, İstanbul.

THBB, 2006. Agregalar, <http://www.thbb.org/engine.php?ID=4>

THBB, 2010. Transmikserler, <http://www.thbb.org/Content.aspx?ID=31>.

TOKGÖZ, M. ve SARMAŞIK, N., 1982. “Çöp Sorunu ve Sağlık”, Çevre '82 Sempozyumu, İzmir.

TS 802, 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1008, 2003. Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dâhil, Suyun Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 197-1, 2002. Çimento – Bölüm 1: Genel Çimentolar – Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

USTA, H., 2005. Hazır Beton Sektör Araştırması, <http://www.ito.org.tr/-Dokuman/Sektor/1-38.pdf>.

WHO, 1946. Constitution of the World Health Organization, Geneva.

WHO, 1997. “Executive Summary, Chapter 4: From Environmental Quality to Exposures and Risks, Health and Environment in Sustainable Development: Five Years After the Earth Summit”.

WINKLER, G., 2010. Recycling Construction and Demolition Waste, McGraw-Hill, New York, Pp: 233.

YARDIMCI, A., 2005. Santral Çıkışı ile Şantiye Şartlarındaki C 20/25 ve C 25/30 Hazır Beton Mukavemetinin Karşılaştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi.

ZEGA, C. and MAIO, A., 2011. Recycled Concretes Made with Waste Ready-Mix Concrete as Coarse Aggregate, Journal of Materials in Civil Engineering, 23, 3, 281–286.

ZHU, Z., 1996. Handbook of Building Construction Estimator, China Construction Industry Press, Beijing.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Arslan 1991 yılında Kırıkkale'de doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Kırıkkale'de tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Ağustos 2014 tarihinde Akdeniz Üniversitesi'nde yüksek lisansa başladı ve TÜBİTAK projesinde bursiyer olarak çalıştı. Projenin bitmesinin ardından İstanbul'da bir konut projesinde çalışmaya başladı. Şuanda aynı firma ile Ankara'da bulunan bir elçilik projesinde çalışmaktadır.