

T.C.

**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPISAL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜM
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SEMRA TOPAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GEBZE
2009**

**T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPISAL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜM
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SEMRA TOPAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Tülay ESİN**

**GEBZE
2009**

 <p>GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ</p>	<p>MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JÜRİ ONAY FORMU</p>
--	--

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : Prof.Dr. Tülay Esin

ÜYE : Doç.Dr. Nilay Coşgun

ÜYE : Doç.Dr. Nihal Bektaş

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27/11/2008 tarih ve 2008/36 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 13/02/2009 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans öğrencisi Semra Topal'ın çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu .../.../..... tarih ve .../.../..... sayılı kararıyla Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak onaylanmıştır.

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: YAPISAL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜM
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YAZAR ADI: SEMRA TOPAL

Yapılaşma faaliyetlerinin her geçen gün hız kazanarak arttığı dünyada, hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin de etkisiyle, üretime paralel olarak, yapısal atık miktarı da artmaktadır. Bu atıklar, çevreye bırakılmaları halinde; toprak, hava ve su üzerinde önemli tahribatlar oluştururken aynı zamanda büyük hacimlerinden dolayı fazla yer kaplarlar ve kötü görüntüye sebep olurlar.

Azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüştürme (recycle), geri kazanma (recover), ve deponi sahalarına gönderme (landfill) temel yapısal atık yönetim basamaklarıdır. Bununla birlikte yapısal atıklar, geri dönüşüm potansiyelleri yüksek, değerli yapı malzemeleri ve bileşenleri içerdiğinden iyi hazırlanmış yapısal atık yöntemi planlarıyla ve gerekli teknolojiler kullanılarak, atık olmaktan çıkarılıp geri kazanılabilir; hem ekonomik hem de çevresel açıdan büyük fırsatlara dönüştürülebilir.

Bu çalışma yapısal atıkların geri dönüşüm potansiyellerini ve teknolojilerini araştırmak, amacıyla hazırlanmıştır. Çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm olan giriş bölümünde çalışma hakkında genel bilgi verilip çalışmanın amaç, kapsam ve yöntemi belirtilmiştir.

İkinci bölümde, yapısal atık yönetimi üzerinde durularak öncelikle yapısal atıkların oluşumlarına, özelliklerine ve çevre üzerindeki etkilerine değinilmiştir. Yapısal atık yönetim stratejileri detaylı olarak açıklanıp dünyada uygulanan başarılı yapısal atık yönetim stratejilerinden örnekler verilmiş, ardından Türkiye'deki durum detaylarıyla ele alınmış, ülkemizdeki yapısal atık geri dönüşümüyle ilgili sorunlara yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, geri dönüşümü en çok kullanılan yapı malzemelerinin geri dönüşüm teknolojisi ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları açıklanmıştır.

Dördüncü ve son bölüm olan sonuç bölümünde, önceki bölümlerden elde edilen bilgiler ışığında, yapı malzeme ve bileşenlerinin geri dönüşümüne yönelik araştırmalardan çıkan sonuçlar derlenmiş, Türkiye için önerilere yer verilmiştir.

SUMMARY

THESIS TITLE: A SURVEY ON RECYCLING POTENTIAL OF CONSTRUCTION & DEMOLITION WASTE

AUTHOR: SEMRA TOPAL

According to rapidly increasing of the constructional activities over the world with population growth and industry improvement, construction and demolition wastes' amount has been growing. Those wastes may harm earth, air and water and cause important hazardous problems on them. Also with their mass bodies, covers great areas and causes worse sight views.

Reduce, reuse, recycling, recovering and landfilling are basic construction and demolition waste management system levels. Construction and demolition wastes contain high proportion of valuable reusable/recyclable construction materials, so with a well-prepared waste management plan and appropriate technology those valuable materials may be extracted and will be beneficial both economically and environmentally.

In this study, we researched the reusing/recycling technologies, and wastes potentials. Study contains three main parts.

In the first chapter we give brief information about the concept and the work we have done, and justify aim, scope and methodology of the study.

Secondly we focus on waste management and analyzed creation and formation of construction and demolition wastes with their effects on environment. We explained the strategies of waste management in details give instances on management samples over the world, and also mention current situations and problems on Construction and demolition waste management and recycling in Turkey in details.

In third part, we have survey on most popular recyclable and reusable constructional materials' area of usage and their recycling technologies.

At last we give a conclusion on previous chapters and compiled results of previous research on the C&D waste management. Also provide suggestions for Turkey's situation.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımnda, bilgi ve deneyimleriyle bana tam destek veren danışmanım Prf. Dr.Tülay Esin'e; beni en iyi şekilde yönlendiren hocam Doç. Dr. Nilay Coşgun'a; İstanbul'daki yapısal atık yönetimi ve uygulamaları hakkında bilgilerini esirgemeyen İstanbul Çevre Koruma Müdürü Ali Oktar ve Ahmet Ateş başta olmak üzere, tüm İstanbul Çevre Koruma Müdürlüğü ve İstaç yetkililerine; maddi manevi katkılarıyla her zaman yanımda olan ve tezi tamamlamam konusundaki en büyük destekçim, hayat arkadaşım Özer Aydemir'e ve bu günlere gelmemedeki en büyük yardımcılarıım annem ve ablam başta olmak üzere tüm aileme teşekkürü borç bilirim.

Mart 2009

Semra Topal

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii
RESİMLER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. YAPISAL ATIK YÖNETİMİ.....	4
2.1. Yapısal Atık Oluşumu ve Özellikleri.....	7
2.2. Yapısal Atık Yönetim Stratejileri.....	13
2.2.1. Yapısal Atıkların Azaltılması (Reduce).....	14
2.2.2. Yeniden Kullanım (Reuse).....	18
2.2.3. Geri Dönüştürme (Recycle)	21
2.2.4. Geri Kazanma (Recover).....	23
2.2.5. Elden Çıkarma, Deponi Sahalarına Gönderme (Landfill).....	24
2.3. Dünyada Örnek Yapısal Atık Yönetimleri.....	25
2.3.1. Japonya’da Yapısal Atık Yönetimi	27
2.3.2. Hollanda’da Yapısal Atık Yönetimi.....	31
2.3.3. Hong Kong’da Yapısal Atık Yönetimi	34
2.3.4. Almanya’da Yapısal Atık Yönetimi.....	36
2.4. Türkiye’de Yapısal Atık Yönetimi.....	38
2.4.1. Merkezi ve Yerel Yönetim Uygulamaları.....	39
2.4.2. Yarı Örgütsel Uygulamalar	47
2.4.3. Türkiye’de Yapısal Atık Geri Dönüşüm Sorunları	50
3. YAPI MALZEMELERİNİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ (GERİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİSİ VE KULLANIM ALANLARI).....	54
3.1.1. Beton Malzeme	56
3.1.2. Plastik Malzeme	67

3.1.3.	Cam Malzeme	72
3.1.4.	Ahşap Malzeme.....	78
3.1.5.	Demir İçeren Metaller	82
3.1.6.	Demir İçermeyen Metaller	86
3.1.7.	Tuğla Malzeme.....	89
3.1.1.	Taş Malzeme	91
4.	SONUÇ	95
5.	KAYNAKÇA	97
6.	ÖZGEÇMİŞ	106

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yapısal atıkların kaynakları ve bileşenleri	9
2.2. Yapım atıklarının malzeme içerikleri ve oranları	10
2.3. Yıkım atıklarının malzeme içerikleri ve oranları	11
2.4. Yapısal atık hiyerarşisi	14
2.5. Hollanda’da atık yönetimi	33
3.1. Geri dönüştürülmüş agregadan kaldırım bloğu üretimi	60
3.2. Beton dayanım ve dayanıklılığını etkileyen agrega büyüklükleri ve etkileme şekilleri	63
3.3. Endüstriyel odun üretim ve tüketimi en fazla olan ülkeler	79

TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ükelere göre yapı inşaat aşamasında kullanılan malzeme oranları	12
2.2. Avrupa'da geri dönüşüm	26
2.3. Lansink merdiveni	32
2.4. Delft merdiveni	33
2.5. İstanbul'da yıllara göre oluşan toplam yapısal atığı miktarı	41
3.1. Malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları	55

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Extec C 12 makinesi (kırıcı)	44
2.2. Betondan ayrılmış demirin görüntüsü	44
2.3. Kırıcının besleme ağzının görüntüsü	45
2.4. Kırıcının içten görünüşü	45
2.5. Mobil elek makinesi	45
2.6. Taş kırma ocağından görüntüler	45
2.7. Sabit kırıcıdan görüntüler ve kırıcıdan çıkan malzemenin bantla nakli	46
2.8. İkinci el pencere ve kapılar	50
2.9. İstanbul, Ümraniye’de ikinci el yapı malzemeleri satıcılarının yoğunlukla bulunduğu cadde	50
3.1. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen bank	72
3.2. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen mobilya	72
3.3. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen yalıtım malzemesi	72
3.4. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen pano	72
3.5. Geri dönüştürülmüş camdan elde edilmiş seramik	77
3.6. Geri dönüştürülmüş camdan elde edilmiş cam tuğla ve kaplama	77
3.7. Glasspalth örneği	77
3.8. Agregasına geri dönüştürülmüş cam eklenmiş kaldırım taşı	77
3.9. Cam elyafı	77
3.10. Mulching örnekleri	82
3.11. Geri dönüştürülmüş ahşabın kullanıldığı bazı uygulamalar	82

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve nüfus artışının beraberinde getirdiği, dünyada çevre kirliliğine yol açan, insanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her türlü madde ve malzemeyi içeren katı atıkların kontrolü ve yönetimi, modern toplumların en büyük sorunlarından biridir. Yapısal atıklar, katı atıkların en büyük kısmını oluşturur. EPD (Environmental Protection Department), 2005 istatistiklerine göre; yapısal atıklar, dünyada ki atıkların toplamının %38'ini oluşturmaktadır.

Bina, köprü, yol ve benzeri yapıların inşası, tamirata, tadilatı, yıkımı ve doğal afetler sonucu oluşan yapısal atıklar hem inşaat sırasında hem de bırakıldıkları alanlarda çevre, arazi, toprak, su kaynakları ve hava üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yıkım çalışmaları esnasında oluşan toz, özellikle ciddi hava emisyonuna neden olurken atıkların içerdiği ağır metallerin ve tehlikeli kimyasalların açıkta ve kontrolsüz depolanması toprak ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Gelişigüzel dökülen yapısal atıklar, topraktaki doğal hayatı tahrip eder ve toprağın yapısını değiştirir ve bu alanların kendi başına yeşil alanlara dönüşmesi mümkün olmaz.

Diğer taraftan, dünya üzerindeki hammaddenin %40'lık, ormanlarının %25'lik, malzeme ve enerji kullanımının % 40 'lık ve kullanılabilen suyun % 15'lik kısmının yapılaşma faaliyetlerinde kullanılması, yapı malzemesinin önemini bir kat daha arttırmaktadır (Reilly, 1997). Yapısal atıkların geri dönüştürülmesi durumunda hammadde kaynaklarına talep azalır. Yeniden kullanılan malzemelerin kullanımı, tükenme tehlikesi bulunan doğal hammaddeleri korumuş, bu kaynaklara talebi azaltmış olur. Ayrıca geri dönüşüm sayesinde taşımacılık ve üretim maliyetleri düşer, enerji tüketimi ve atık depolama sahalarının yoğunluğu azalır.

Öncelikle yapısal atıklardan dolayı oluşabilecek çevre kirliliğinin önüne geçebilmek, ikinci olarak bu atıkları geri dönüştürebilmek için uygulanması gereken en sağlıklı yöntem, daha faaliyet başlamadan önce, faaliyet sonucu oluşabilecek atık türleri, miktarları ve çevreye olabilecek etkilerini hesaplayarak; oluşan atığın geri

kazanımı, bertarafı ve tekrar kullanımına kadar geri dönüşümlü bir sistem stratejisi geliştirmek, yani yapısal atıkların sistemli bir şekilde yönetilmesini sağlamaktır.

Azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüştürme (recycle) ve geri kazanma (recover) temel atık azaltma yöntemleridir. Dünyada yapısal atıkların geri dönüşümü konusunda birçok duyarlı ülke, yüksek düzeyde geri dönüşüm ve yeniden değerlendirme faaliyetleri yürütmektedir. Japonya, Hollanda, Hong Kong ve Belçika atık yönetimi ve geri dönüşümü konusunda en başarılı ülkelerdir. Bu ülkelerde yapısal atıkların yönetimi için atık yönetim planları hazırlanıp uygulanmakta ve yapısal atıklar %95'e varan oranlarda geri dönüştürülmektedir. Türkiye'de ise yapısal atıklar ile ilgili düzenleme ve uygulamalar olsa da bu uygulamalar yeterli seviyede değildir ve ülkenin çok büyük bir kısmında hayata geçirilememektedir. Ülkemizde, geri dönüşüm miktarı bir yana, oluşan atık miktarları konusunda bile kesin veriler bulunmamaktadır. Bununla beraber, Türkiye'de en çok oluşan atık türünün beton olduğunu söylemek mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, her geçen gün artan ve önlem alınmadığı takdirde daha büyük sorunlara yol açacağı bilinen, yapısal atık sorununa dikkat çekip, bu atıkların içerdiği yüksek geri dönüşüm potansiyeline sahip yapı malzemelerinin geri dönüşüm teknolojileri ve potansiyellerini araştırmak, yapısal atıkların en etkin şekilde değerlendirilme yöntemlerini ortaya koymaktır. Çalışma, ayrıca, İstanbul'daki yapısal atık yönetimi uygulamalarını ele alıp Türkiye'nin en yoğun yapılaşma faaliyetlerinin yaşandığı ili olan İstanbul'da yapısal atıklarla ilgili mevcut durumu belirleyip bu konudaki sorunlara dikkat çekmeyi de hedeflemektedir. Uygun yapısal atık yönetimi için öncelikle sorunların saptanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, öncelikle her yapım-yıkım faaliyetinde planlanması gereken yapısal atık yönetiminin üzerinde durularak, yapısal atık bertaraf hiyerarşisi basamakları irdelenmiştir. Daha sonra da bu konuda ileri ülkelerin durumlarına, yapısal atık yönetimi ve geri dönüşüm uygulamalarına değinilmiştir. Türkiye'deki mevcut yapısal atıklarla ilgili düzenleme ve uygulamalar açıklanıp atık yönetimi ve geri dönüşüm teknolojileri bilgileri ışığında, Türkiye'de en çok üretilen atık olan beton başta olmak üzere yapı malzemelerinin geri dönüşüm teknolojileri ve potansiyelleri incelenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda; literatür tarama, İstanbul Çevre Koruma Müdürü Ali Oktar başta olmak üzere yetkili kişilerle görüşme-röportaj yapma, arşiv ve belgelerinden yararlanma, yasal mevzuatlardan alıntılar yapma, derleme ve değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır.

Bu şekilde, dünyada ve ülkemizde önemli çevre sorunlarına neden olan yapısal atıkların çevresel ve ekonomik kazanç sağlayacak şekilde geri dönüşüm alternatifleri ile ilgili uygulanabilir bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler yapısal atık yönetiminin önemli bir adımını oluşturmaktadır.

2. YAPISAL ATIK YÖNETİMİ

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Sınırsız olan insan ihtiyaçlarının teknoloji yardımı ile giderek daha üst düzeylerde karşılanması, doğal kaynakların daha çok tahrip edilmesi ve üretilen her ürünün nihai olarak atığa dönüşmesi nedeniyle, çevre ve insan sağlığını ciddi tehditlerle karşı karşıya bırakmaktadır. Gerek üretim ve pazarlama süreçlerinde atık üretiminin en aza indirgenerek, doğal kaynaklara aşırı yüklenmenin önüne geçilmesi ve gerekse tüketim sürecinde atık oluşumunun asgariye indirilmesi ve üretilen atıkların da mümkün olan en üst düzeyde geri kazanımının sağlanması, atıkların ekonomik bir girdiye dönüştürülmesi, bir başka deyişle sürdürülebilir atık yönetimi, tüm dünyada giderek öncelikli bir politika hedefi olarak benimsenen “sürdürülebilir kalkınma” yaklaşımının çok önemli bir unsurunu oluşturmaktadır (Köse ve ark., 2007).

İyi bir çevre yaratmanın gereği olan katı atık yönetimi, dünyanın sahip olduğu enerji, hammadde gibi doğal kaynakların kıtlığı ve kullanılmasında maksimum verimin sağlanması zorunluluğu ile teknik, ekonomik ve sosyal disiplinlerle çok yönlü ilişkiler içerisinde olan önemli bir faaliyet dalıdır. Atık yönetimi, atıkların geri kazanılmasını, atık miktarını arttıran üretim ve tüketim türlerinin sınıflandırılmasını ve istihdam yaratılmasını da kapsayan ve giderek önemi artan bir konudur. Yapısal atıklar mevcut katı atıkların çok büyük bir kısmını oluşturduğundan, günümüzde, dünyada, ‘yapısal atık yönetmeliği’ adı altında birçok çalışma yapılmaktadır. (Devlet Planlama Teşkilatı, 2000). Yapısal atık yönetimi, yapısal atıkların, çevresel ve ekonomik etkilerini, geri dönüşüm ve yeniden kullanımı içine alan akılcı yöntemlerle azaltmayı hedefleyen bir sistemdir.

Yapısal atık yönetiminin güçlendirilmesi, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ile çevre ve insan sağlığının korunması için yaşamsal önemde olup, mevcut ve gelecek kuşaklara daha kaliteli ve sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlanmasında temel bir faktör olduğundan atık yönetim sisteminin geliştirilmesinin,

ulusal çevre politikaları ve sürdürülebilir kalkınma stratejileri arasında ağırlıklı bir yer tutması gerekir (Köse ve ark., 2007).

Bu bağlamda, her türlü yapısal faaliyet sahasında, atıkların daha iyi yönetimi için, denenmiş, verimli uygulama kuralları içeren, kapsamlı bir atık yönetim sistemine, kaçınılmaz şekilde ihtiyaç vardır. Yapısal faaliyet sürdüren bütün şirketlerin, zorunlu olarak ve her bir yapısal faaliyet için özel planlanmış atık yönetim sistemleri kullanıp, uygulamanın bütün aşamalarında, çalışan her personelin aynı atık yönetim planına ve amacına hizmet etmesinin sağlanması gerekir (Magdich, 1995). Böylelikle yapısal atıklardan dolayı oluşabilecek olumsuzluklar tersine çevrilip bu atıklar bir potansiyele dönüştürülebilir.

Yapısal atık yönetiminin söz konusu olmadığı durumlarda, yıkım sözleşmelerinde genelde hiçbir sebep belirtilmez, sonucunda ortaya çıkacak atık için hiçbir hesap verilmez. Bu sebepten atık yönetimi kararları yıkım anında alınıp genelde sağlıklı koşullarda yapılır. Yıkım şirketlerinin başındaki en önemli isimler üstlenici ve taşeronlar olduğu için, yıkım atığı mümkün olan en çabuk ve ucuz şekilde bertaraf edilir. Yapısal atık yönetiminin dikkate alındığı durumlarda, yüklenicinin, atık yönetiminin hem teknik hem de finansal aşamasına dahil edilmesi gerekir. Meydana gelen atık türleri, yıkım teknikleri ve atık yönetimi açısından sadece yıkım araçların çağırarak yeterli değildir. Yıkılacak yapı için tam ve doğru bir şekilde hazırlanmış bir envanter kaydı olmazsa, yıkım üstlenicileri, asbest gibi, beklenmedik, özel muamele gerektiren ve işin başında çıkarılan hesaba katılmamış bir yapı atığı ile karşı karşıya kalabilirler. Bu yüzden baş üstlenici, atık yönetimi ve fiyatlandırılması aşamasında, kararları ve izlenecek yöntemi çok iyi bir şekilde belirlemiş olmalıdır.

Yapısal atıklarının yönetimi için, işin uzmanı yetkililer tarafından, yıkım işini yapacak üstlenici seçilmeden ve yıkım işlemi başlamadan önce dikkatle, her şey hesaba katılarak yıkım ruhsatları hazırlanmalıdır. Yıkım izni için hazırlıklar, belirlenmiş gereksinimler doğrultusunda yapılmalıdır. Yıkım ruhsatı, yönetilecek atığın bir envanter defterini içermelidir. Bu defter, sadece atık niteliği ve niceliği açısından bilgi vermekle kalmayıp, aynı zamanda, kullanılacak yerel, yeniden kullanma sistemleri ve sağlanabilir teknik şartlar ışığında, seçici sökme-parçalara

ayırma sistemlerinin ne olabileceği hakkında bilgi vermelidir. Ayrıca, binanın tarihiyle, binada bulunan zararlı maddelerle (özellikle asbest ve PBC içerip içermediğini ortaya çıkaran) ilgili bir kayıt da bu defterde bulunmalıdır. Yıkım ruhsatları, temel prensip olarak şartnameyi uygulamayı, yıkım üstlenicilerini seçebilme ve bu servislerden yararlanmayı teşvik eder. Yapı atığı yönetimi, inşa ruhsatı içinde yer alıyor olmalıdır (European Commission, 2000).

Yapısal atıklar yönetilirken öncelikle bina yıkılmadan tehlikeli atıklarından arındırılması gerekir. Bu sayede geri dönüşüm ve alan doldurmasında kullanılacak atıklar tehlikeli maddelerle kirlenmemiş ve uygun tarzda bir yönetim şekli uygulanmış olur, çevre korunması sağlanır. Asbest, kurşun boru tesisatı veya çatı malzemeleri, ağır metaller, hidrokarbonlar, boyalar, yapıştırıcılar, ahşap koruyucuları, kirlenmiş toprak ve PBC içeren çeşitli metaller gibi temel zararlı maddelerin yerinde ayrıştırılması gerekmektedir.

Asbestin zararlarından uzak durmak için:

- Yıkımdan önce, asbest bulunması ihtimaline karşı, binanın envanter defteri bulunmalı ve hazır tutulmalı.
- Her yerde olursa olsun, asbest kapsayan kısım bina yıkılmadan önce çıkarılmalı.
- Asbestin ortadan kaldırılması yüksek seviyede çevre ve insan sağlığı korumasına dikkat edilerek yapılmalı.
- Asbest içeren atık geri dönüştürülmemelidir.
- Asbestin zerresinin kalmayacak şekilde kum-çakıldan ayrıştırılması imkansızdır, fakat asbest oranının 10mg/kg yi geçmemesi sağlanmalıdır (European Commission, 2000).

Yapısal atıkların nakliyesinin işin uzmanı kişiler tarafından denetlenmesi atıkların illegal yoldan yok edilmesinin önüne geçecektir. Atık taşıma teşebbüsünde bulunanlar için taşıma lisansı, bu tür aktiviteler için tahsis edilmiş gözleme dokümanları çıkarıp denetleme sistemleri kurarak gerekli kontroller gerçekleştirilebilir. Bu gözleme dokümanları, yetkiliye, atık oluşumundan yok oluşuna kadar gözleme ve kontrol etme imkanı sunmalıdır (European Commission, 2000). Yıkım ve atık yönetimi ile ilgilenen üstleniciler bu işlemler için özel tasarlanmış eğitimlere tabi tutulmalıdır. Atıkların büyük kısmı sahada

ayrıştırıldığından çalışanların da eğitimi oldukça önemlidir. Eğitim ve araştırmalar son teknolojinin kullanılmasını teşvik edecek ve bu bağlamda yapılacak pilot uygulamalar üstlenicileri atık yönetimi konusunda cesaretlendirecektir.

2.1. Yapısal Atık Oluşumu ve Özellikleri

Bir inşaatın yapımı veya inşa edilmiş bir yapının yıkımı esnasında doğrudan ya da dolaylı olarak ortaya çıkan istenmeyen malzemelerin tamamına yapısal atık denir. (Wikipedia).

Şehirlerde oluşan katı atıkların hacimsel ve ağırlık olarak %13-29'unu yapısal atıklar oluşturmaktadır. Özellikle doğal afetler sonucu bu oran %50'ye kadar çıkmaktadır. Yapısal atıklar, her türlü bina, yol ve köprü yapımı, tadilatı, tamiratı ve yıkım işlemi sonucu oluşmaktadır (Öztürk, 2005-a).

Yapısal atıklar bir kaç yönden tasnif edilebilir:

- Fiziksel durumlarına göre: katı, sıvı, gaz, radyoaktif.
- Kullanımına göre: hareketsiz (inert; moloz, beton), hareketli (non-inert; çerçeve, cam).
- Zararlarına göre: tehlikeli (asbest, PVC), tehlikesiz (demir, çakıl).

Yapısal atıkların bir çoğu zararsız ve hareketsiz atıklar sınıfında olsalar da bazı zararlı veya zararlı olma potansiyeline sahip malzemeler yapılarda kullanılmaktadır. Bu malzemeler (boya, yapışkan, zift gibi) yapı üretiminde hareketsiz hale getirilir. Bununla birlikte yapısal atık yönetimi sırasında bu malzemeleri içeren parçalar uygun bir şekilde özel konteynirlara yerleştirilmelidir. Zararlı yapısal atıklar daha çok asbestli yalıtım malzemeleri, kurşun içeren boruların kullanıldığı yıkım ve yenileme çalışmaları esnasında oluşur (Magdich, 1995).

Öztürk (2005-a), yapısal atığın kaynağını,

- a. Yapı/altyapı inşaatı ve yıkımı atığı,
- b. Ulaşım ile ilgili inşaat, yıkıntı ve tamirat atığı,
- c. Yol temizleme atığı,

d. Doğal afet (fırtına, sel, deprem gibi) atığı, olmak üzere 4 ana grup altında toplamıştır.

Yine Öztürk (2005-a)'e göre yapısal atıklar aşağıdaki gibi kategorize edilebilir;

1. Kazı malzemeleri: Bu kategoriye, kazı esnasında oluşan toprak, kum, çakıl, kaya parçaları, kil ve kazıdan çıkan tüm diğer malzemeler girebilir. Kazı esnasında bu tür atıklar oluşabilir. Bu tür atıklar ayrıca taşkın, heyelan gibi doğal afetler sonucunda oluşur. Bu malzemelerin kimyasal yapısı, kazının yapıldığı yerin doğal yapısına da bağlıdır.

2. Yol Yapımı ve Bakım Malzemeleri: Bu malzemeler, asfalt, kum, çakıl, metal, beton ve yol kazısından gelen kazı malzemeleri olabilir. Bu malzemeler, şehirlerde yeraltı su ve atık su kanallarının ve elektrik malzemelerinin döşenmesi esnasında da oluşabilir.

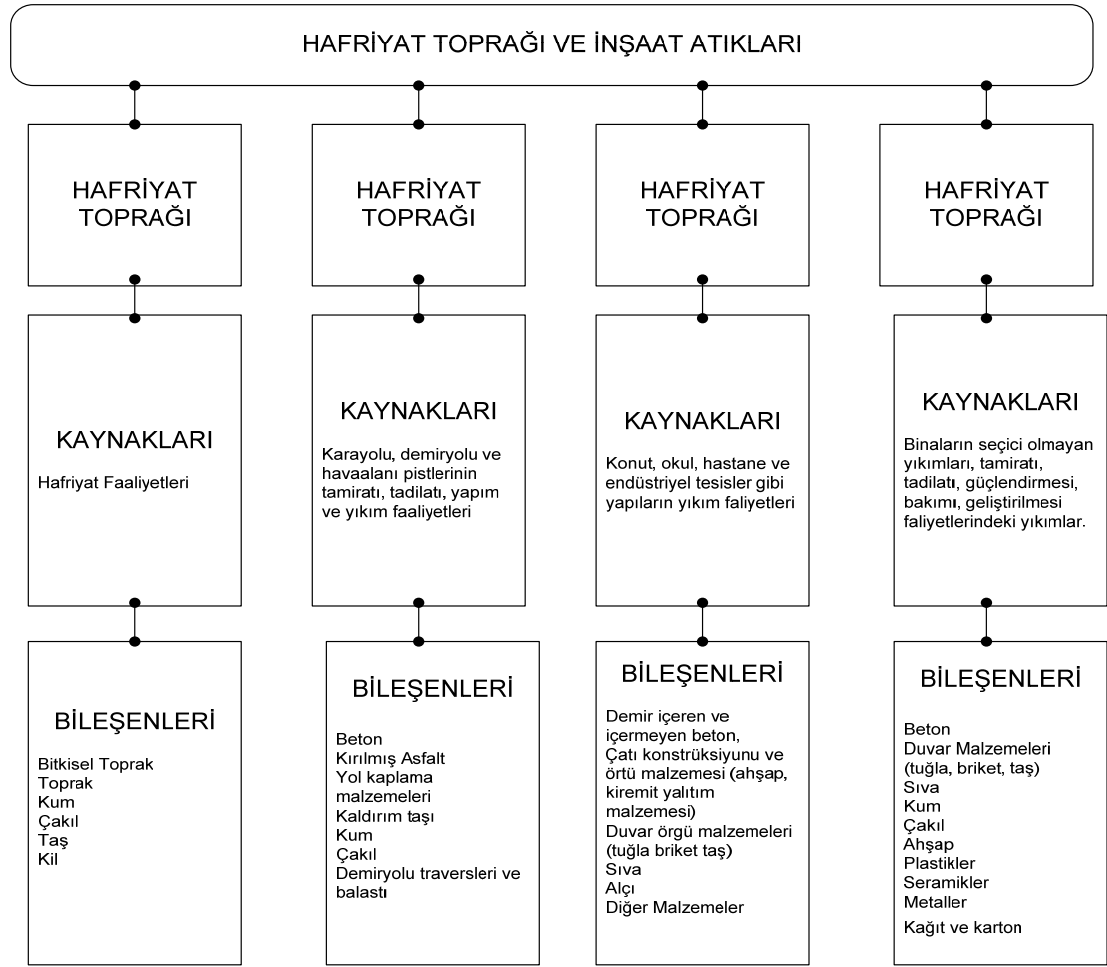
3. Yıkıntı Atıkları: Bu malzemeler, toprak, çakıl, beton parçaları, kireçli sıva, briket, kaplama plakaları, alçı taşı, kum, işlenmiş taş ve porselenden ibarettir. Yıkıntı atıkları homojen değildir. Binaların ve diğer yapıların yıkımı esnasında oluşur. Atığın kompozisyonu, binanın/yapının tipine, yapısına, yapısında kullanılan malzemeye, yaşına, modeline ve boyutuna bağlıdır. Aynı zamanda tarihi, kültürel ve ekonomik değerine bağlı olarak da değişmektedir.

4. Çalışma Bölgesi Atık Malzemeleri: Bu tür malzemeler, tamir, destekleme, büyütme, genişleme ve yenileme işlemlerinden oluşan tahta, plastik, kağıt, cam, metal, lastik, boya, emaye, kaplama, tutkal ve diğer malzemelerden ibarettir

Çevre ve Orman Bakanlığı, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre ise;

- a. Hafriyat toprağı,
- b. Yol yıkıntı atıkları,
- c. Yıkıntı atıkları,
- d. Karışık yıkıntı atıkları olmak üzere gruplandırmıştır.

Yönetmelikte geçen atıklarının kaynakları ve bileşenleri Şekil 2.1'de verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).



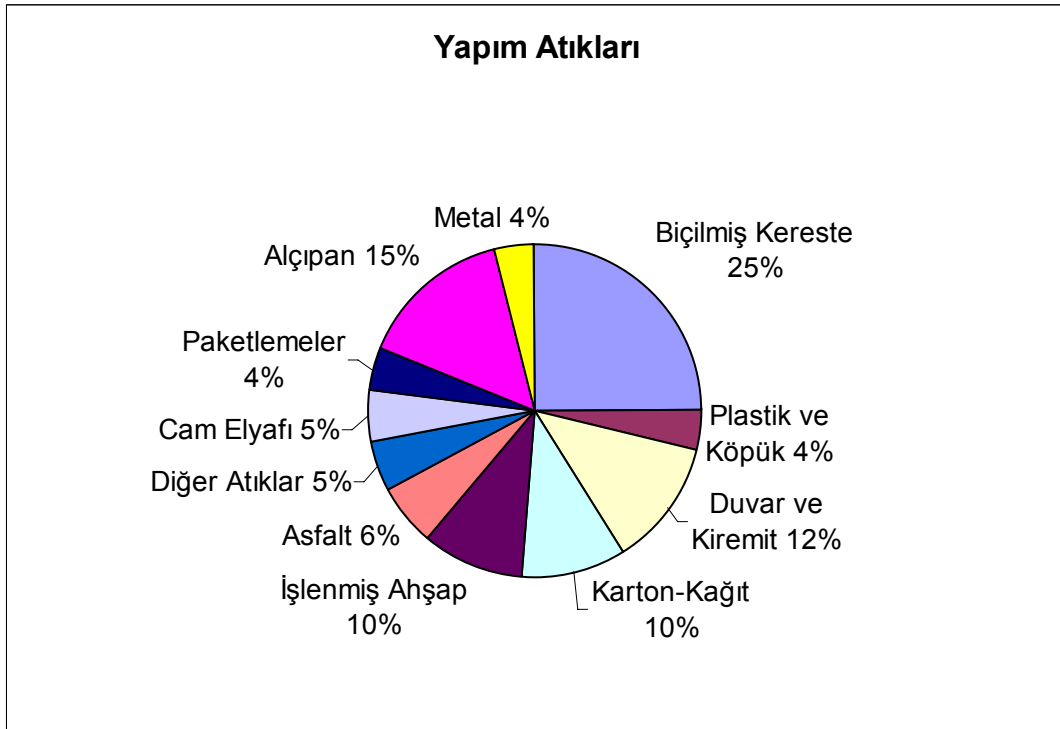
Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Şekil 2.1. Yapısal atıkların kaynakları ve bileşenleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

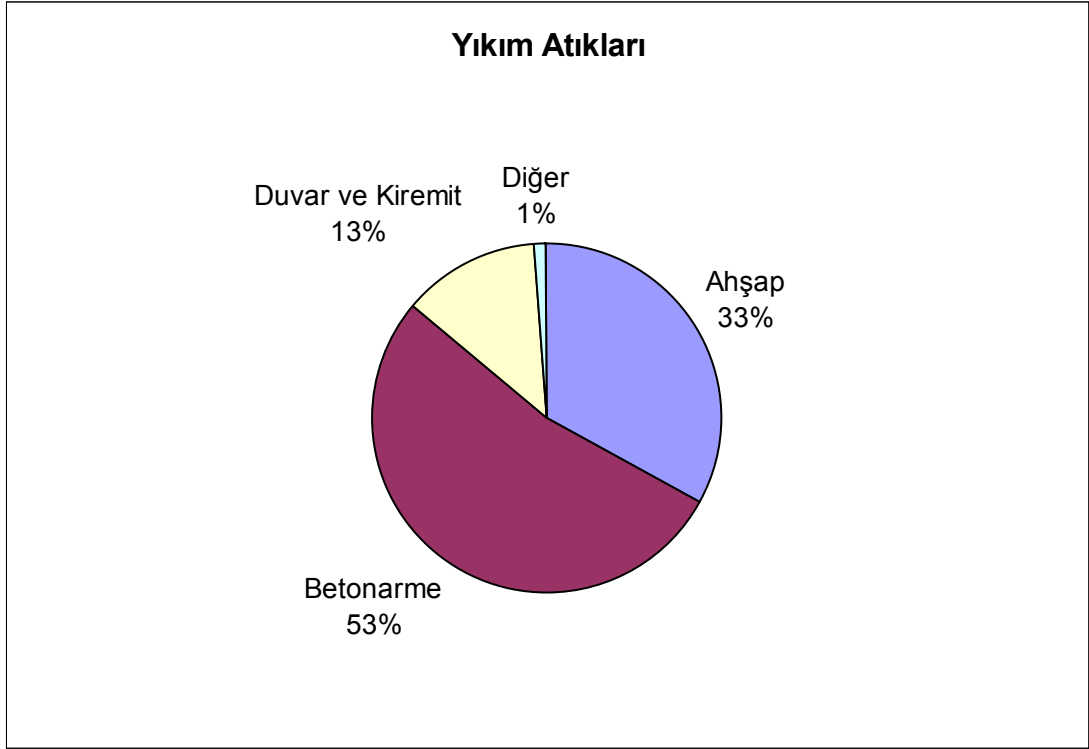
Yapısal atıkların karakteristik özelliklerini anlayabilmek için, atığın içerik ve niceliğini etkileyen birçok faktör bulunduğunu bilmek gerekir. ABD Katı Atıklardan Çevreyi Koruma Kurumu (U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste) (1995); yapım çeşidi, yapı boyutu ve üzerinde uygulanmış işlemin atık oluşumunda üç büyük etken olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, coğrafi konum, kullanılan malzemeler, yapımı için harcanan zaman (acele veya adım adım), olmak üzere başka faktörler de sıralamıştır. Benzer, fakat değişik bir sınıflamaya göre, Chen Li ve Wong (2002), yapı üretimi sırasında yapısal atık oluşum sebeplerini; yapım teknolojisi, yönetim metodu, malzemeler ve çalışanlar olmak üzere, dört kaynaktan toplamıştır. Tam ve Tam (2006)'a göre ise kullanılan malzeme, mimari teknikler, yerel yapım uygulamaları oluşan yapısal atık nicelik ve niteliğini oldukça etkiler.

Bütün bunlar, yapısal atık oluşumunun ülkenin ekonomik ve kültürel yapısına bağlı olduğunu göstermektedir. Buna rağmen içeriği genel anlamda tanımlanabilir. Yapısal atıklar dünya genelinde kum, taş, tuğla, seramik, beton, ahşap, cam ve metal içerir.

ABD’de yapılan bir araştırmaya göre, yapısal atıkların ortalama olarak %48 yıkım atığı, %44 onarım atığı, %8 yeni inşaat atığı içerdiği bilinmektedir. (Baytan, 2007). Yapısal atıkların malzeme içeriğini belirleyen temel faktör, binada kullanılan malzemelerin cinsidir. Şekil 2.2’de, Kanada’da binaların yapım aşamasında, Şekil 2.3’de yıkım aşamasında ortaya çıkan atık türleri oranlarıyla birlikte verilmiştir. Bina üretimi sırasında oluşan atık türleri çeşitlilik gösterirken, yıkım aşamasında oluşan atık türlerinin büyük oranda betonarme ve ahşaptan oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 2.2. Yapım atıklarının malzeme içerikleri ve oranları (Magdich, 1995).



Şekil 2.3. Yıkım atıklarının malzeme içerikleri ve oranları (Magdich, 1995).

Yapısal atıkların içinde bulunan malzemelerin türü, yapım yılı içinde tercih edilen yapı malzemeleri türleriyle de alakalıdır. Özellikle eski binalarda ahşap malzemeler sıkça kullanılırken yeni binalarda ağırlıklı olarak beton/çelik, duvarlarda değişik tür briket, tuğla gibi farklı malzemeler kullanılmaktadır. Eski binalarda yalıtım malzemeleri kullanılmazken yeni binalarda yalıtım malzemeleri bulunur. Çerçeve malzemeleri olarak eskiden sadece ahşap kullanılmakta iken son yıllarda ahşabın yanı sıra PVC, alüminyum ve çelik doğramalara da yer verilmektedir (Öztürk, 2005-a). Günümüzde, plastik ve kompozit malzemeler de yapı üretiminde çok daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Kullanılan yapı malzemeleri ülkeden ülkeye göre de büyük farklılıklar göstermektedir. Tablo 2.1’de bazı ülkelerde, yapım faaliyetlerinde kullanılan malzeme oranları verilmiştir.

Tablo 2.1. Ülkelere göre yapı inşaat aşamasında kullanılan malzeme oranları (Baytan, 2007).

Malzemeler	Ortalama sarfiyat %					
	ABD	İngiltere	Çin	Brezilya	Seul	Hong Kong
Tuğla / blok	3,5	4,5	2	17,5	3	
Beton	7,5	2,5	2,5	7	1,5	6,7
Alçı pano	7,5	5	belirtilmemiş	belirtilmemiş	belirtilmemiş	9
Kalıp	10	belirtilmemiş	7,5	belirtilmemiş	16,7	4,6
Cam	belirtilmemiş	belirtilmemiş	0,8	belirtilmemiş	6	2,3
Harç	3,5	belirtilmemiş	5	46	0,3	3,2
Çivi	5	belirtilmemiş	belirtilmemiş	belirtilmemiş	belirtilmemiş	ulaşlamamış
İnşaat demiri	5	belirtilmemiş	3	21	belirtilmemiş	8
Kiremit	6,5	5	belirtilmemiş	8	2,5	6,3
Duvar kağıdı	10	belirtilmemiş	belirtilmemiş	belirtilmemiş	11	ulaşlamamış
Ahşap	16,5	6	belirtilmemiş	32	13	45

Hong Kong'da, % 45 oranıyla, en fazla kullanılan malzeme ahşaptır. Bu oran diğer ülkeler ve malzemeleriyle karşılaştırıldığında çok yüksektir. Ayrıca Hong Kong'da üretilen yapısal atıkların %20'lik kısmını beton, %34'lük kısmını betonarme, %7'lik kısmını briket, %7,5 kısmını tahta, %4 kısmını metal ve geri kalanların diğer malzemelerden olduğu tespit edilmiştir.

Ahşap, %16,5 oranıyla ABD'de de en çok kullanılan malzemedir. Çünkü ABD'de daha çok ahşap iskeletli konstrüksiyon ve alçıpan kullanılmaktadır. Diğer taraftan harç ve tuğla % 3,5 oranıyla en az kullanılan malzemedir. Çok fazla atık üretilmesine rağmen ABD'de yapısal atıklar sadece %20–30 oranında geri dönüştürülmektedir. Bu oran eyaletlere göre büyük farklılık göstermektedir.

2000 yılında Büyük Britanya'da, 94 milyon ton atık üretilmiştir. Yapısal atıklar, tüm atıkların %25'ini oluşturur ve bunların % 25'i kullanılmayan malzemedir. Sealy ve arkadaşları (2001)'na göre uygunsuz siparişler yüzünden Büyük Britanya'da her yıl 400 milyon sterlin değerinde malzeme çöpe atılmaktadır. Ülkede, ikamet edilen binalar yapısal atıkların %40'ını, diğer yapılar da %60 'ını oluşturur. Büyük Britanya'da da ABD' de ve Hong Kong'da olduğu gibi en çok atık oluşturan malzeme ahşaptır. Ahşabı kiremit ve alçıpan takip eder. Büyük Britanya'da yaklaşık 40,3 milyon ton (% 57 oranında) yapısal atık geri dönüştürülür.

Tabloya göre ABD, İngiltere, Brezilya, Seul ve Hong Kong 'un aksine Çin 'de betonarme ahşaba tercih edilmektedir (Baytan, 2007).

Magdich (1995)'e göre yeni yapılan binalardan oluşan atıklar genelde, artarak kullanılmayan kırpıntılar veya hasar görmüş yapı malzemeleridir. Yeni bina yapımında en fazla artan malzemeler kereste, ahşap başta olmak üzere, alçı duvar, mukavva, plastik ambalajlar ve metallerdir (Bkz. Şekil 2.2). Yıkım atıkları ise betonarme plakalar gibi büyük bina bileşenlerinden oluşur. Betonarmeyi takiben ahşap, tuğla ve metal içerir (Bkz. Şekil 2.3).

Yapısal atık oluşumu projenin aşamalarında da oldukça farklılık göstermektedir. Yapı üretiminin başında kaba marangozluk atıkları fazlayken bitiminde alçıpan, mukavva ve plastik ambalaj atıkları daha fazla oluşmaktadır. Yıkım esnasında, çok büyük miktarda atık, yapım aşamasındakinin aksine çok kısa bir zaman diliminde oluşmaktadır (Magdich, 1995). Yeni yapılan binaların atıkları, kirli ve diğer malzemelerle karışmış halde bulunan yıkım atıklarına nispeten daha temiz ve kirletilmemiştir. Yapısal atıklar arasındaki bu farklılıklar atık azaltma konusunda değişik yöntemlere başvurmayı gerektirir.

2.2. Yapısal Atık Yönetim Stratejileri

Yapısal atık yönetimi uygulamalarında, atıkların en iyi şekilde yönetimini sağlamak amacıyla, işi yapacak yükleniciye denenmiş ve verimli atık yönetimi uygulama planları hazırlanır. Atık yönetim planlarında, genel olarak, birinci bölümde atık türleri, atık değerlendirme yöntemleri ve yerleri tanımlanmaktadır. İkinci bölümde atık yönetimi ile ilgili prosedürler, üçüncü bölümde atık yönetimini uygulamak için genel koşullar yer alır (Resource Venture, 2005). Yapısal atık yönetimi için olması zorunlu bir araç olan planlama ile: atık oluşum miktarı, bunların düzenlenmesi için verilen alan içinde doğru ve hatasız bir şekilde belirleyerek mevcut durumu göz önünde tutulması, atık yığını yönetimini geliştirmek için, özel amaçlar tanımlanması, bunların bir plan doğrultusunda gerçekleştirmek için ise kaynakların oluşması mümkün hale gelir. Atık planı, yerel seviyede tasarlanarak, yerel yeniden kullanma sistemlerinin tanınıp kullanılmasını sağlamalıdır. Ancak bu

şekilde gerçek ihtiyaçlara cevap verebilir. Ulusal alandaki planlar ise geliştirilen yöntemlerin majör anlamda yürütülmesi ile gerçekleştirilir (European Commission, 2000).

Yapısal aktivitelerden çıkan atıkların yönetimi konusunda, azaltmadan yakma ve alan doldurmaya kadar birçok olanak vardır. Fakat bu işlemlerden birine karar vermeden önce en uygun yöntemin ne olabileceği konusunda iyi düşünmek ve sürdürülebilirliğin iki önemli olgusu olan kaynak tüketimini ve çevre zararlarını minimize etme temelleri üzerine hareket etmek gerekir (Peng et al,1997).

Al-Ansary ve arkadaşları (2004)'na göre yapısal atıkların yönetim hiyerarşisi çevresel etkilerine göre alçaktan yükseğe, azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüştürme (recycle) ve recover (geri kazanma) olmak üzere dört kısımdan oluşur ve "4Rs" olarak adlandırılır. Bunların uygulanmadığı durumda, genelde atığın deponi sahalarına boşaltılması şeklinde gerçekleştirilen elden çıkarma (disposal) yöntemine başvurulur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Yapısal atık hiyerarşisi (Al-Ansary et al,2004).

Aşağıdaki bölümlerde yapısal atık yönetim hiyerarşisinin temel unsurları olan azaltma, yeniden kullanma, geri kazanma ve geri dönüştürme geniş kapsamlı şekilde açıklanmaktadır.

2.2.1. Yapısal Atıkların Azaltılması (Reduce)

Atık azaltımı (reduce), atık oluşumunu ve dolayısıyla birçok atık bertaraf problemini en iyi ve etkin şekilde yok eden yöntemdir. Teknik önlemler alınarak yapısal atığın fiziksel bir problem olmadan önce kaynağında azaltılması şeklinde tanımlanır. Atık oluşumunu önleme tedbirleri, atık üretimini ve zararlı atıkların miktarını azaltma hedefleri üzerine kurulmuştur. Zararlı/zehirli malzemelerin

bertaraf maliyetlerinin artışı, azaltılmaları konusunda harekete geçirici olup bunların yerine zararsızların kullanımı konusunda büyük bir teşvik edicidir (Al-Ansary et al., 2004). Atık üretimini azaltma hedefini gerçekleştirmek için ise malzeme seçimi ve mimari teknikler aşamasında, atık oluşumunu durduran etkin önlemler alınabilir. Bir bina ya da yapı tasarlandığı zaman, mimar, üstlenici ve tedarikçi zamanla oluşacak yapısal atık miktarını azaltmak, malzemelerin yeniden kullanılabilirliğini kolaylaştırmak ve seçici yıkım yapabilmek için çaba sarf etmelidir. Pilot deneyler ve özellikle buna önderlik eden Avrupa Birliği'nin 'Yapı Endüstrisi Araştırma ve Bilgi Kurumu' (CIRIA) bu tür koruyucu uygulamalardan başarılı sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir. Yeni binaların tasarımı ve mevcutların bakımı; bu tür binaların ömrünü uzatmaya yardımcı olarak atık miktarı azaltabilir (European Commission, 2000).

Aşağıdaki bölümlerde atık oluşumunu azaltmak için alınacak önlemler verilmiştir.

—Tasarım Aşaması

Yapısal atık azaltılması, tasarım aşamasında başlar. Tasarım ve malzeme seçimi, oluşacak atık ve ortaya çıkacak zararlı maddelerin miktarını etkilediğinden çok dikkatli yapılmalıdır. Tasarımcı ve inşa eden arasındaki iletişim sahada atık üretiminin azalması açısından önemlidir. Tasarım aşamasında:

- Dayanıklı, bakımı yapılabilir malzemeler kullanılırsa sık malzeme değişiminin önüne geçilir.
- Geri dönüşebilir veya yeniden kullanılabilir malzeme kullanımı bu malzemelerin dolmuş sahalarına gitmesini engeller.
- Taşıma maliyetlerini ve yakıt tüketimini engellemek için yerel malzeme kullanımı önemlidir.
- Uygun koşullar yakalandığında yıkım yerine yenileme yapılması tercih edilmelidir.
- Kırpıntı atıklarını engellemek için malzeme ölçülerine uygun modülerde tasarım yapılması önemlidir.
- Yapışkan ve boyaların su bazlı olanlarının kullanılması önemlidir.

- Üstlenici ve taşeron malzeme ve atık yönetiminden sorumlu tutulmalıdır (Magdich, 1995).

—Satın Alma ve Stoklama

Ergün (1999)'ün Ankara'da yaptığı saha çalışmasına göre, yapım aşamasındaki bir binanın atık oluşturmasındaki en büyük sebep verimsiz malzeme kullanımı, verimsiz depolama şartları ve malzemenin haddinden fazla saha içinde taşınmasıdır.

Saha içinde oluşacak atıklar için belli başlı üç atık azaltma ve engelleme yöntemi belirtilmiştir. Bunlar:

- a) İyi düzenlenmiş depolama koşulları ve tesisleri,
- b) Site içindeki fazla malzemenin azaltılması ve uygun çalışma organizasyonun sağlanması,
- c) Malzemenin zamansız, fazla gelişinin engellenmesi için planlama yapılmasıdır (Baytan, 2007).

Saha içinde oluşturacak atığı azaltmak için, tedarik zinciri ve malzeme yönetimi iyi tasarlanmalıdır. Uygulanacak stratejiler arasında;

- Just-in-time (JIT) ordering (tam zamanında sipariş) fazla mal sipariş etmekten kaçınmak için fazla depolama seviyelerinin kontrolü,
- Tasarım yönetimi,
- Alan dışı prefabrikasyon kullanımını arttırma,
- Tedarikçinin malzemeyi küçük miktarlarda sağlama esnekliği göstermesini gerçekleştirmek,
- Çalışanları eğitmek ve atık yönetimi konusunda bilinçlenmelerini sağlamak sayılabilir.

JIT dağıtım, bunların içinde en önemlisidir. JIT 'stoklanmayan üretim' demektir ve verimliliği arttırmayı, atığı minimize etmeyi hedefler. Ana hedef üretim esnasında doğru miktarda malzemeyi tedarik etmektir. Bu strateji, stoklanmış malzemeyi, atık olması planlanan malzeme olarak görür ve sahadaki malzeme miktarı azaltılırsa daha az atık olacağını belirtir (Baytan, 2007).

Paketlemede ve teslimatta bazı tekniklerin ışığında alınacak tedbirlerle oluşacak kırıntı türündeki ve büyük ebatlardaki atıkların önüne geçilebilir.

Malzeme Yönetim Stratejileri (malzeme bazında alınacak önlemler):

- Projeyi gerçekleştirmek için değişik türden ve özellikten malzemeler seçilmeli.
- İsmarlanacak malzemenin miktarının planı yapılmalı ve stoklar kontrol edilmeli.
- Malzeme, tedarikçi ve metotlar gözden geçirilmeli.
- Üstleniciyle malzeme ismarlamak konusunda anlaşmaya varılmalı.
- Gerektiği kadar ve uygun ebatta malzeme ve bileşenleri tedarik edilmeli (Zenz, 1988).
- Ambalaj atığını azaltmak için mümkün olduğunca ambalajsız malzeme sipariş edilmeli.
- Palet ve karton gibi daha sonra kullanılabilir ambalaj gereçlerini ve fazla, artan malzemesini geri toplamaya istekli tedarikçilerle çalışmak tercih edilmeli.
- Zararlı madde içeren malzemeler satın alınmamalı, çok gerekliyse, fazla gelip atık oluşturmamaları için çok küçük miktarlarda sipariş edilmeli (Magdich, 1995).
- Nakliye servisleri kontrol edilmeli.
- Gönderilen malzemenin miktarı sahaya varır varmaz kontrol edilmeli ve hasarlılar derhal geri iade edilmeli.
- Üstleniciyle, belirlenen standartların uygunluğunu kontrol edilmeli.
- Malzemenin uygun fiziksel şartlarda depolanması sağlanmalı.
- Üretim ve malzeme miktarları hakkında plan yapılmalı.
- Depo alanlarından üretim yerine kadar saha sınırları içerisinde sağlıklı malzeme nakliyesini yapılmalı.
- Atıklar ve artan malzemeler bertaraf edilmeli. (Zenz, 1988).

Malzeme yönetimini belirlemek; atılan ve artan malzemelerin, işgücü ve teçhizatın belirlenen bütçeyi aşmasını önlemesi açısından önemlidir (Baytan, 2007).

—Zararlı Atıkların Azaltılması

Zararlı atıkların miktarını azaltma, bina yapılırken tehlikeli madde kullanma limitine uyarak sağlanabilir. Bu sebeple yapı malzemesi üreticileri, bu malzemelerin üretiminde tehlikeli madde kullanımından sakınmalıdır. Zehirlilik ve bunun gelecekte atık yönetiminde yol açacağı problemler göz önünde bulundurulduğunda ağır metaller (kurşun, kadmiyum, cıva), asbest ve halojenleşmiş alevlenme geciktiricilerin yapı malzemelerinde kullanılmaması gerekmektedir. Bunları denetlemek bu atıkların yönetiminde büyük kolaylık sağlar (European Commission, 2000).

2.2.2. Yeniden Kullanım (Reuse)

Yeniden kullanım (reuse), malzemelerinin ve yapı bileşenlerinin düzgün olarak sökülüp başka bir binada benzer amaç için kullanılmasıdır. En az düzeyde enerji harcadığı ve minimum atık üretimine sebep olduğu için atık azaltmadan sonra en çok tercih edilen yöntemdir (Al-Ansary et al., 2004).

Yapısal atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan biri yapının düzenli olarak yıkılması sonucu yapı elemanları ve malzemelerinin minimum zararla kurtarılması olan deconstruction (yapı çözüm) 'dır. Deconstruction; yapıların düzenlenmesinde ve yıkılmasında yapı elemanlarının kurtarılması, ya da yapı bileşenlerinin parça parça taşınması olarak tanımlanmaktadır. Yıkımdan farkı, deconstruction'da yapı darbe vurulmadan parçalanmakta ve dikkatli olarak ayrılan parçalar yeniden kullanılabilir. Yapıların darbeye yıkılması sonucunda ise malzemeler geri dönüştürülmekte ya da depolama alanlarına gönderilmektedir (Guy, 2003). Bu uygulamalarda yapı bileşenlerinin zarar görmemesi için ayırma, depolama ve sınıflandırma yöntemleri kullanılmalıdır (Al-Ansary et al., 2004).

Aşağıda, yeniden kullanımı arttıracak yöntemler verilmiştir.

—Atık Toplama Prosedürleri

Atıkları uygun şekilde toplayabilmek için aşağıdaki atık toplama prosedürlerine uyulmalıdır.

- Atık yığınlarına ayırma/ayrı tutma/tasnif teknikleri tanımlanmalı.
- Tüm atık yığını tipleri için farklı ve etiketli konteynırlar tayin edilmeli ve bunların toplama zaman çizelgeleri oluşturulmalı.
- Sahada, konteynırların boşaltım yapması için depolama alanları belirlenmeli.
- Atıkların ömrünü uzatmak ve kullanılabilirliğini devam ettirebilmek için:
 - a) Depolanan malzemelerin miktarının sınırlandırıp kirlenmelerini azaltmak için sahadan yeterli uzaklıkta olması sağlanmalı,
 - b) Depolama alanının kullanım amacını anlatmak için büyük, belirgin işaretler kullanılmalı,
 - c) Atıklar, yağmur ve toz gibi hava koşullarından korunmalıdır (Al-Ansary et al., 2004).

—Atık Yönetim Personeli

Bu işlemleri yerine getirmek üzere bir atık ekibi görevlendirilmelidir. Ekip, bir atık yöneticisi ve eğitimli işçilerden oluşmalıdır. Atık yöneticisinin görevleri:

- Atık yönetim planını hazırlamak,
- Atık ayrımı ve tasnifi işlemlerini denetlemek,
- Her yüklenicinin yeniden kullanım planını denetlemek,
- Geri dönüşümcülere gönderilecek atık hazırlıklarını denetlemek,
- Atıkların yasal yollarla bertarafının kontrol etmek,
- İşçilere yol göstermek ve onları denetlemek,
- Herhangi bir kirlenme veya yabancı madde karışması ihtimaline karşı, düzenli olarak atıkları izlemek şeklinde sıralanabilir.

—Saha Çalışmaları

Yıkım esnasında atık azaltımı genelde malzeme kurtarımı şeklinde olur. Bu aşamada yapısal atıklar önemli miktarda azaltılabilir. Çünkü yıkımda, yeni bina yapılırken oluşan atıktan yaklaşık 10 kat daha fazla atık oluşur. Kazançlı olabilmek

için, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin dikkatli seçilmesi ve nakillerinin gerçekleştirilmesi gerekir. Malzeme kurtarımına dikkat edildiğinde yıkım aşaması uzun sürebilir fakat ekonomik ve çevresel yararlar düşünüldüğünde bunun gerekli olduğu anlaşılır. Yıkım öncesi sökülme işlemleri için farklı bir sözleşme imzalanmalıdır (Magdich, 1995).

Yıkım işlemine, öncelikle kapı, pencere, kalın ahşaplar, kaplamalar, borular, aydınlatma elemanları, aksesuarlar, pervazlar, kornişler, ısıtma, soğutma, havalandırma malzemeleri gibi yeniden kullanılabilir, geri kazanılabilir, değerli malzemelerin taşınmasıyla başlamalıdır. Bunu takiben, binanın içi elle yıkılmalı, bunu, ağır ekipmanlarla bina taşıyıcısının yıkımı izlemelidir. Daha sonra ve kurtarılan malzemeleri sahada sınıflandırmak, beton, tuğla gibi ezerek geri dönüştürülecek malzemeleri ezip sıkıştırmak için kazı makinesi kullanılabilir.

Üstlenici, geri kazanılan ve kurtarılan malzemeleri korumak ve bu malzemelerin hasar görmelerini engellemek için güvenli bir depolama alanı ayırmalıdır (Al-Ansary et al., 2004).

—Dokümantasyon (belgeleme)

Yapısal atıklarla ilgili belgeleme işleri, üstlenicinin görevlerinden biridir. Buna göre üstlenici;

- Tüm atık yönetimi prosedürü dokümanlarını kaydetmeli ve kontrol etmelidir.
- Uygulama esnasında seçilmiş yönetim tekniklerin yeterliliğini ispat etmek veya çürütmek için elindeki kayıtlarını düzenli olarak güncellemelidir.
- Farklı atık yönetimi metotlarının maliyet ve karlarını takip etmelidir.
- İşçilerin atık yönetimi tekniklerini uygulama kabiliyetlerini güncellemek için grafikler geliştirmelidir.
- Atık miktarını, oluşan atıkların çeşidini, projenin tamamlanması esnasında karşılaşılan atık oluşumunu hafifletmek için kullanılan tüm yöntem ve teknikleri belgelemelidir.

Üstlenici, tüm atık azaltma, yeniden kullanma, geri kazanma ve yasal alan doldurma işlemlerinin ilerleme ve harcamalarını kaydetmek üzere düzenlenmiş uygun bir doküman doldurmalıdır (Al-Ansary et al., 2004).

2.2.3. Geri Dönüştürme (Recycle)

Geri dönüşüm (recycle), yapı malzemelerinin başka uygulamalar için işlenmemiş malzeme gibi kullanılmasıdır. Hedef ve yüksek öncelik, malzemeleri, yeni malzeme yapımında kullanmaktır. Bu, sadece geri dönüşüm amacını yerine getirmekle kalmaz aynı zamanda ekonomik yararlar da sağlar (Al-Ansary et al., 2004).

- Geri dönüşüm sayesinde kaynaklar daha rasyonel kullanılabilir. Bu sayede taş ocakları ve madenlerin çevreye etkileri azaltılmış olur.
- Deponi alanları daha az kullanılır ve geri dönüştürülemez maddeler için yer artar.
- Ayrıca bu alanların yapısal atık ile doldurulmasının önlenmesi sıva, plastik, ahşap, bitümün ve boya gibi zararlı maddelerin toprağa karışmasını önler.
- Bunlara paralel olarak atıkların çevreye etkileri azaltılmış, çevre korunmuş olur.

İnsan sağlığını olumsuz etkilememek, hayvan ve bitkileri tehlikeye maruz bırakmamak, yüzeysel ve yeraltı sularını kirletmemek, hava kalitesini bozmamak, gürültüye neden olmamak, doğal kaynakları, doğayı ve çevreyi korumak ve tehlikeli atık oluşturmamak, iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonunu azaltmak için her türlü geri dönüştürülebilir yapısal atık değerlendirilmelidir (Öztürk, 2005-a).

Yapısal atıklar yüksek oranda geri dönüştürülebilir malzemeler içerir, fakat iç içe geçmeleri geri dönüşümü zorlaştırır. Geri dönüşüm atıklarının, daha kaynağında uygun bir şekilde tasnifi sayesinde geri dönüştürülecek maddelerin homojen olması sağlanır. Tasnifteki başarı, geri dönüşüm oranını artırıp kalitesini yükselttiği için çok önemlidir. Seçici yıkım yani betonarme parçaların, tehlikeli atıkların ve geri dönüştürülecek maddelerin ayrı ayrı yıkımı da geri dönüşüm oranını ve kalitesini yükseltir. Bazı alanlarda ayırma, kaynaktan uzakta, örneğin ayırma ve sıkıştırarak

ezme merkezlerinde yapılmalıdır. Başka türlü tehlikeli maddeleri kaynaktan uzaklaştırmak teknik açıdan çok zor olabilir. Örneğin plastik atıklar açısından arınmış homojen bir ayırma için plastik atıklar kaynaktan ayrıştırılmalıdır. (European Commission, 2000).

Geri dönüşüm için uygulamalar potansiyel olarak:

a) çok büyük bir çoğunluğu (%80'i) kum ve çakıldan ibaret olan hareketsiz minerallerden,

b) küçük bir kısmı plastik, metal ve ahşap atıklarından oluşur.

Bu noktada, daha büyük bir çoğunluğu oluşturduğu için mineral atıklarına daha büyük önem verilmektedir (European Commission, 2000).

Geri dönüşüm teknolojisi üç seviyede tanımlanmıştır. Her biri değişik atık yönetimi maliyetine sebep olmaktadır.

1. Seviye: En basit teknoloji kullanılır ve en az maliyete sahiptir (mekanik tasnifle sahada sıkıştırarak ezme). Bu tarz gezici, sıkıştırarak eziciler, alan doldurma kullanımının çok ve işlenmemiş malzemelerin çok ucuz olduğu güney Avrupa ülkelerinde geliştirilmiştir.

2. Seviye: Daha modern teknolojilerle daha kaliteli geri dönüşüm uygulamasıdır. Birincisine göre çok az bir maliyet farkı oluşur. Bu teknolojiler bir kısım atıkları sıralar ve onların içindeki maddeleri ayrıştırır. Fransa, İngiltere, İtalya ve Belçika'nın bazı bölgelerinde uygulanır.

3. Seviye: Daha spesifiktir ve teknoloji seviyesi birçok parçadan oluşur. Bazen çalışmaya elle (manuel) devam etmek gerekir. Tasnif sistemi çok kaliteli bileşenlerin çıkmasını sağlar. Maliyeti diğerlerine göre oldukça yüksektir. Bu teknolojiler, sadece, alan doldurmasının yasak olduğu Danimarka, Hollanda ve Almanya'da kullanılmaktadır (European Commission, 2000).

1. ve 2. seviye aşırı bir maliyete sebep olmadan, atıkların çoğunu geri dönüştürmeyi garanti ederken 3. seviye yasalarla zorunlu tutulan bölgelerde, %90 oranı gibi yüksek seviyelerde geri dönüşüm sağlamaktadır.

AB komisyonu (European Commission, 2000), belirli seviyede atık geri dönüşümünü sağlamak için dört kural tanımlanmıştır:

1. Doldurma alanları iyi yönetilmeli, illegal kullanımlar engellenmeli ve cezalandırılmalıdır.
2. Atık sahipleri, atıklar için ödeme yapmalı ve tasnifi yapılmamış atıklar için ücret yükseltilmelidir.
3. Geri dönüşüm amaçlı olarak, yapısal atığının hareketsiz kısmına müdahale için tasnif ve sıkıştırarak ezme tesisleri kolay ulaşılabilir mesafede olmalıdır.
4. Geri dönüştürülmüş kum-çakıl kullanımı teşvik edilmeli ve malzeme, kullanıcılar tarafından geri dönüştürülmüş-sıfır kum-çakıl ayrımı yapılmadan kullanılmalıdır.

Nakliye maliyetleri geri dönüşümde çok önemli bir faktördür. Geri dönüşümün geliştirilmesi için yerel nakliye sistemlerine ihtiyaç duyulur. Nakliye masraflarının düşmesi için geri dönüşüm birimlerinin birbirine çok yakın olması gerekir. 25 km' nin üzerindeki yol, geri dönüşüm uygulama avantajlarının yitirilmesine sebep olmaktadır (European Commission, 2000).

Diğer taraftan geri dönüştürülmüş ürünler pazarındaki gelişmeye geri dönüşüm sistemlerinin yaygınlaşması eşlik etmelidir. Bu sayede ulaştırma maliyetleri düşer ve geri dönüşüm teşvik edilmiş olur. Sistemler, özellikle, kum ve çakıl olan ve betonarme ve tuğladan elde edilen malzemeler, alçıtaşı, ahşap, plastik, demir ve diğer metaller ve camı kapsayan atıklar gibi ana atık malzemelerin geri dönüşümüne olanak sağlamalıdır. Geri dönüştürülmüş kum-çakılı rekabete sokmak geri dönüşümü teknolojik hale getirmek için şarttır. Bu ürünler başta olmak üzere geri dönüştürülmüş maddelere vergi avantajları getirilmeli ve kullanılmaları teşvik edilmelidir (European Commission, 2000).

2.2.4. Geri Kazanma (Recover)

Geri kazanma (recover), ne azaltılabilir ne yeniden kullanılabilir ne de geri dönüştürülebilir malzemelerin enerji oluşturulmak üzere kullanılmasıdır. Yakma (incinerating), toz haline getirip yakıt olarak kullanma (briquetting), ısı kesim yani sıcak tesiriyle eritme (pyrolysis) ve gazlaştırma (gasification) geri kazanma yöntemleridir (Al-Ansary et al., 2004). Günümüzde, bunlardan en çok kullanılan yöntem, büyük fırınlarında yakmadır. Yakma, olması gerektiği gibi yapıldığında,

zehirli madde üretmeden malzemelerin içindeki enerjiyi çıkarabilir. Doldurulabilir alanların hızla azaldığı günümüzde, birçok belediye atıklarını yakarak bertaraf etmeye yönelmektedir, fakat halen belediye yakma fırınlarının çevresel etkilerinin ne olduğu tam olarak cevaplanamamaktadır. Yakma işlemleri, doğaya, hem insan hem de çevre sağlığına zararlı hidrojen klorür ve sülfür dioksit gibi asit gazları; kurşun, kadmiyum, dioksin gibi ağır metaller ve parçacıklar salabilir. Bu sebeple son derece dikkatli ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir. (Peng et al., 1997).

2.2.5. Elden Çıkarma, Deponi Sahalarına Gönderme (Landfill)

Deponi sahalarına gönderme, atık bertaraf hiyerarşisinin en alt basamağıdır ve bütün diğer seçenekler tükendiğinde başvurulmalıdır. Atıklardan sızan zararlı sıvıların ve gazların toprağa ve burada yaşayan canlılara zarar vermesi, yeraltı sularının kirlenmesi, deponi sahalarına atık boşaltmanın başlıca zararlarından (Al-Ansary et al., 2004).

Yapısal atık hiyerarşisine göre geri dönüştürülmeyen/dönüştürülemeyen ve geri kazanılamayan atıklar, deponi alanlarına gönderilmektedir. AB komisyonu tarafından hazırlanan yönetim planında, bir deponi alanlarının kullanım süresini uzatarak, doldurma işleminin çevre ve insan sağlığına etkilerini mümkün olduğu kadar azaltmak amaçlanmaktadır. Deponi alanının kullanımı için gerekli ücret, alanın en az 30 yıllık kullanım bedeli kadar olmalıdır. Atığın içeriğine ve parçalarına göre belirlenen üç çeşit deponi alanından biri kullanılmalıdır. Artarak çoğalan deponi alanı kullanımının ücretlendirilmesi gerekir ve atıkların ayrımının kaynakta yapılmasının desteklenmesi için, zararlı madde içeren ve tasnif edilmemiş atıklardan daha yüksek fiyat talep edilmelidir.

Bazı üye ülkeler alan doldurma ile ilgili kısıtlamalar getirmiştir: Almanya'da ayrıştırılmamış atıkların, 1998'den itibaren Flanders'de tasnifi yapılmamış atıkların deponi sahasına alınması yasaklanmıştır. Hollanda'da ise 1997'den beri, yapısal atıklar için deponi sahası kullanmak tamamen yasaklanmıştır. Bu kurallar insanları geri dönüşüme yönlendirmiştir. Deponinin tamamen yasaklanmadığı bazı ülkelerde ise, caydırıcı amaçlarla ve/veya alan azlığı sebebiyle deponi sahası kullanmaya yüksek ücretler getirilmiştir. Deponi kullanma maliyetlerinin artması, insanları

illegal yöntemlere yönlendirmiştir. Bunların engellenmesi için atıkların kaynağından yok edilmesine kadar takip edilmesi gereklidir.

Doldurma maliyetlerinin arttırılmasının yanı sıra İngiltere gibi bazı ülkelerde doğal kaynaklara ek vergiler getirilmiş, bu da geri dönüştürülmüş malzemenin kullanımını arttırmıştır. Bütün bu uygulamalar yıkım maliyetlerini de arttırmıştır. Bu maliyetlerin düşürülmesi için yıkım yerinde tasnif ve seçici yıkım yapılmalıdır (European Commission, 2000).

Yapısal atık bertarafı hiyerarşisinin bütün seçenekleri ışığında sonuç olarak toplam hesap yapıldığında, atıkları geri dönüştürmenin, onları yakmak ve deponi sahalarına boşlatmaktan daha yararlı olduğu görülür (Peng et al., 1997).

2.3. Dünyada Örnek Yapısal Atık Yönetimleri

Sayıları çok olmasa da, dünyada, bazı ülkeler, yapısal atıklarla başa çıkmayı başarıp bu atıkların sebep olabilecekleri olumsuzlukları fırsata dönüştürmeyi bilmişlerdir. Bunlar, yapısal atıkları yönetmek ve açığa çıkan malzemeleri değerlendirebilmek için ciddi çalışmalar yürütmüş, en önemlisi bu konuda kanunlarla gerekli yönetim stratejilerini uygulamayı zorunlu kılmış ülkelerdir. Bu bölümde, birçok ülke için tehdit unsuru oluşturan yapısal atıkların, bazı gelişmiş ülkelere nasıl yönetilip sorun olmaktan çıkarıldığı konusu işlenecek, bu konuda en başarılı ülkelerin yönetim sistemlerine yer verilecektir.

Ülkelerin yıllık oluşturduğu yapısal atık miktarları ve geri dönüşüm oranları değişiklik göstermektedir (Tablo 2.2). Ekonomik ve teknik durum, doğal kaynakların özellikleri, nüfus yoğunluğu, nakliye çeşitliliği, mevzuat çeşitliliği ülkelerin yapısal atıklar konusundaki tutumlarını etkilemektedir (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003). Geri dönüşüm metotları da, AB ülkeleri arasında değişiklik göstermektedir. Bazı üye ülkeler bu atıkları yönetmek için atık hiyerarşisine dayalı bazı yöntemler geliştirmiş olsalar da birçok AB ülkesinde yapısal atıklar genelde çok basit bir şekilde, deponi sahalarına gönderilerek yönetilmektedir. Bazı üye ülkelerde asbest ve ağır metaller gibi tehlikeli atıklar diğer yapısal atıklardan ayrılmamaktadır. Bu

atıklar, miktarları nispeten küçük olmasına rağmen içinde buldukları önemli ebatlardaki geri dönüştürülmüş ürünleri ve dolmuş alanlarını etkileyebilir.

Danimarka’da, belediyeler yapısal atık toplamakla yükümlüdür ve yapısal atıkları kolay geri dönüştürebilmek için özel sınıflandırma yöntemleri ve kurallar geliştirilmiştir. Ülkede, 1993 yılına kadar olan %82 geri kazanım hedefine ulaşılmıştır. Almanya’da ise yapım faaliyetlerinin yoğun olduğu eyaletlerde gönüllü olarak alınan önlemler mevcuttur. 1995–2005 yılı arasında depolama alanına gidecek yapısal atık miktarını %50, Avustralya ise %80 oranında azaltmayı planlamıştır. Avustralya yapısal atığının %30 ‘unu geri kazanılmakta veya tekrar kullanılmaktadır.

Güney Avrupa ülkeleri sahip oldukları doğal kaynakların fazlalığı ve ucuzluğu sebebi ile bu konuda daha zayıflardır (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

Tablo 2.2. Avrupa’da geri dönüşüm (Öztürk, 2005-a).

Ülke	Nüfus	İnşaat/Yıkıntı Atığı (milyon ton)	İnşaat/Yıkıntı Atığı (kg/kişi/yıl)	Evsel Katı Atık (kg/kişi/yıl)	Geri Kazanma veya Tekrar Kullanılan (%)	Yakma veya Depolama (%)
Belçika	10	7	700	350	87	13
Danimarka	5.2	3	575	460	81	19
Finlandiya	5	1	200	620	45	55
Fransa	56	24	420	460	15	85
Yunanistan	10	2	200	300	<5	>95
Hollanda	15	4	270	500	90	10
İrlanda	3.5	1	285	310	<5	>95
İtalya	58	20	350	350	9	91
Lüksemburg	0.4	0	-	450	n/a	n/a
Portekiz	10	3	300	300	<5	>95
İspanya	39	13	340	320	<5	>95
İngiltere	57	30	530	350	45	55
İsviçre	8.5	2	240	370	21	79
Almanya	79	59	750	360	17	83
Avusturya	7.7	5	650	430	41	59
Avrupa Topluluğu	364	180 (210*)	495	390	28	72

Yapısal atık geri dönüşümünü etkileyen başlıca faktörler:

- Mevzuatlar ve etkin, katı kurallar
- Alan doldurma maliyetleri
 - Alan doldurma fiyatlar

- Alan doldurma vergileri
- İşlenmemiş malzemeye ulaşma kolaylığı ve maliyeti
 - Jeolojik önem
 - Malzeme vergi oranları
- Taşıma maliyetleri
 - Taş ocaklarının yerleri
 - Geri dönüşüm tesislerinin yerleri
- Geri dönüştürülmüş agregaya karşı olan tutum
 - Ağırıklı olarak ekonomik etki
 - Şartnameler (Hillard, 2001).

2.3.1. Japonya’da Yapısal Atık Yönetimi

Japonya’da, 1970 ‘lerdeki büyük ekonomik gelişme, beraberinde büyük ölçekli imar hizmetlerini getirmiş, aynı zamanda yapısal faaliyetler sonucu oluşan büyük atıklar da demek olan, ofis ve apartmanların inşasına yol açmıştır. Bu yıllarda, yapısal atıklar genellikle kanuni yollardan deponi sahalarında depolanır veya yasadışı şekilde uygunsuz yerlere dökülürdü. Devletin, daha fazla dolun sahası oluşturması ve illegal yöntemlere son vermek için önlemler almasına rağmen atık üretimi kökünden halledilemediği için yapısal atıklar, büyük bir ivmeyle artmaya devam etmiştir (Gao (M), 2008). Yapısal atıklar, endüstriyel atıkların %20 ‘sini oluşturmuş ve doldurulabilir alanların %40’ını işgal etmiştir. Diğer sektörlerle göre yapısal atık geri dönüşümü uzun bir süre geri kalmıştır (Futaki, 2000). Bu durum, hükümeti yeniden kullanım ve geri dönüşüm konusu üzerinde durmaya mecbur hale getirmiştir. Bununla birlikte, halk, daha yüksek standartlardaki çevresel koruma konusunda bilinçlenmiştir. Bu faktörler, 1990’larda başlayan, atık yönetimini içeren politika ve yasal reformların hazırlanmasına katkıda bulunmuştur.

Atık yönetiminin yasal reformu, geleneksel eylem tarzına getirilen önemli ve köklü değişikliklerle ve bireysel araçlarla gelişmiştir. Sistemin ilgili olduğu kadarıyla, genel çevre yasasını değiştirmek amacıyla, çevresel politikanın önemli prensiplerini yasalastırmak ve bu prensipleri hükümet politikasıyla birleştirmek, ayrıca hükümete çevre koruması hakkında çözüm sunma ve bertarafı geri dönüşüme çevirme hedefinde yasalar geliştirilmiştir. Geri dönüşüm yasası, 1991’de geri

dönüşümün uygulanabilirliğine yardımcı olmak için kanunlaştırılmıştır. Bu bağlamda yapısal atıklarla ilgili önlemler alınmış; bazı atık çeşitlerinin yararlı içeriklerini vurgulamak için ‘atık’ yerine ‘yan ürün’ kavramı geliştirilmiştir. Bu yan ürünleri üretmek için kullanılan tesis ‘orta üretim tesisi’ yerine ‘geri dönüşüm tesisi’ olarak tanımlanmıştır. Tesis, sonuç atığı azaltmaya kanalize olmuştur. ‘Belirlenmiş yan ürün’ konseptinin tanıtılması amacıyla yan ürünler, devlet tarafından görevlendirilen belirli endüstriler tarafından üretilmektedir ve bu tesislere geri dönüşüm ve yeniden kullanımı kolaylaştırma zorunluluğu getirilmiştir. Yapısal atık endüstrisinin belirlenmiş yan ürünleri, kum taşı, beton blok, bitümlü beton blok, ahşap ve yapım agregasıdır (Gao (M), 2008).

Yasa dışı dökümü çözmek için katı cezalandırma sistemi getirilip, cezalar 10 kat arttırılmıştır. Kamusal ve özel işlerle ilgili yüklenici ve nakliyecilerle ilgili kuralları kolaylaştırmak için yapı yan ürünleri rehberi hazırlanmıştır. Hükümetler, yüklenicileri çevre dostu ürünler almakla yükümlü tutmuş, kamusal işlerde kullanılacak malzemelerin geri dönüştürülmüş içerikli olması konusunda katı kurallar hazırlanmıştır. Geri dönüşüm ve tasnif yapıları inşa eden özel sektör için teşvik edici ve harekete geçirici eylemler sağlanmıştır. Yapısal atık yönetimi için çok kapsamlı programları sağlamak amacıyla, geri dönüşüm eylemlerini kayıt altında tutmak için daha hassas ve güvenli enstrümanlar kullanarak dönüştürülmüş yapısal malzemeler üzerine eylem planları hazırlanmıştır.

Yapısal atıklarla ilgili yasal sistemin gelişmesiyle birlikte bazı uygulamalar da yürürlüğe konmuştur. 1994’de, yapısal atıkları azaltmak için hazırlanan yönetmelikle, geri dönüşüm ve yeniden kullanım hedefi, 2000 yılı için %80, atık miktarı da 1990’dakinin yarısı olarak belirlenmiştir. 1997 ve 2000 yıllarında çok ayrıntılı politika önlemleri alınarak ‘beşikten mezara yaklaşımı’ sağlanmıştır.

Japonya’da yapısal atıklarla, Kara, Altyapı ve Ulaşım Bakanlığı (MLIT), Çevre Bakanlığı, Tarım Bakanlığı ve Ekonomi Bakanlığı ilgilenmektedir. Bunlardan MLIT ve Çevre Bakanlığı temel otoritelerdir. Kamusal çalışmalarla ilgilenen kurumlara, izinleri vermekle ve yapısal meseleler ve daha sonra atık yönetimi ile ilgilenmektedir. Çevre Bakanlığı genel geri dönüşüm politikasını ve paketlenme, bataryalar ve araçlarla ilgili kuralları formüle etmekte daha aktif rol alır. MLIT ’nin

temel sorumluluğu ise atıkların yönetimi ve geri dönüşümü ile ilgilidir. MLIT içinde, 2002 yılındaki planda belirlenen hedeflere ulaşmak için özel bir komite kurulmuştur. Bu komite, kamusal çalışmalarda oluşan büyük atıklar üzerine yoğunlaşmıştır. Kamusal çalışmalarda özellikle ‘geri dönüşüm raporu’ ve ‘geri dönüşüm sınırlarının açıklandığı raporlar’ hakkında fikrini belirtir, geri dönüşüm hedeflerini uygulatır, geri dönüşüm bilgilerini toplar. Bunun yanında yerel seviyede, yerel yönetimlerde ilgili raporları gözden geçirip, raporun isteklere cevap vermemesi durumunda değişiklik talep edebilir atıkların tasnifi ve geri dönüşüm konusunda fikirlerini belirtebilir. Böylece değişik fonksiyonlardaki değişik merkezi ve yerel otoriteler yapısal atıklarının yönetimi konusunda iyileşmeler sağlamaktadır (Gao (M), 2008).

2002’ye gelindiğinde, yapılan değerlendirmeler sonucu: 2002 yılında yapısal atık geri dönüşüm oranının %85’e ulaştığı, beton blok ve bitümlü beton blokların geri dönüşüm oranının % 90’dan fazla olduğu; yapısal ahşap, yapısal toprak, karışık yapım atığı ve yapım agregasının yetersiz geri dönüşüm oranına sahip olduğu, kontrolsüz dökümün ciddi bir problem olmayı sürdürdüğü belirlenmiştir. Sonucun, bazı eksik noktaları olmakla birlikte, epey tatmin edici olduğu belirtilmektedir. Her ne kadar, birçok eski binanın tadilatı esnasında hedef %100 geri dönüşüm olsa da bu, genel yapısal atık geri dönüşüm hedeflerinin çok üstündedir. Güncel geri dönüşüm hedefleri 2005 yılı için %90, 2010 yılı için % 95 olarak belirlenmiştir.

Japonya’da yeni bina talebini ve tadilatı azaltmaya yönelik olarak, uzun ömürlü binalara destek verilmektedir bu bağlamda yatırımcılara uzun ömürlü bina yapmaları durumunda düşük faizli krediler sağlanmaktadır. Yapısal aktiviteler hakkında bir dizi rapor hazırlanarak güncel durum hakkında, hükümete bilgi verilir. İmar işlerinde, ‘geri dönüşüm plan raporu’ ve ‘geri dönüşüm bariyerinin açıklanması hakkında raporu’nun ibraz edilmesini zorunlu tutulmuştur. ‘Geri dönüşüm plan raporu’nun amacı, tüm atık üretiminin, azaltılmasının ve geri dönüşümünün hükümet tarafından, etraflıca denetlenmesini sağlamaktır. ‘geri dönüşüm bariyerinin açıklanması hakkında rapor’,daha çok ‘2002 Yapısal Atık Planı’nda politik hedefe erişmek için herhangi bir bariyer olup olmadığının incelenmesine odaklanır. Bunlarla birlikte ‘taşınabilir yapı malzemelerinin geri dönüşüm raporu’, ‘taşınmaz yapı yan

ürünlerinin geri dönüşüm raporu' ve' tasnif raporu' hazırlanmaktadır (Gao (M), 2008).

'Tasnif raporu'nu ileten ve sitede tasnif yapmayı üstlenmiş yasal kuruluşlar, belirlenmiş sınırlar içindeki mesafelerde geri dönüşüm yapmakla yükümlü tutulmuştur. Geri dönüşüm yükümlülüklerine göre, firma, özel ekonomik veya coğrafi sorunlar olmadıkça ya da 50 km içinde geri dönüşüm tesisi olmaması gibi bir durum olmadıkça sahada geri dönüşüm yapmak veya geri dönüşüm için nakliye sağlamakla yükümlüdür. Bu muafiyet durumunda bile, söz konusu firma, yapısal atığı mümkün olan en küçük miktara azaltmalıdır. Diğer taraftan, geri dönüşümden sonra, firma, görevli denetleme mercisi kontrolü için geri dönüşümü kaydetmelidir. Kayıt işlemi, atık azaltımı ve yeniden kullanımını destekleme ve denetlemenin yanı sıra, yönetimin, bu aktiviteler için ürettiği farklı fikirleri belirtmesi açısından da önemlidir.

Daha önce de belirtildiği gibi, Japonya'da kamu işlerinde geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanılması özellikle zorunlu tutulmaktadır. Bu bağlamda, Mayıs 1999'dan beri, kamu işlerinde, yapım agregasının %25'inin sahada yeniden kullanılması mecburiyeti getirilmiş ve bazı talimatlar hazırlanmıştır. Beton, ahşap atık, bitümlü beton gibi belirlenmiş yan ürünler, geri dönüşüm için 40 km uzaklığa kadar taşınıp bu sınırlar içinde kullanılabilir. Yapısal agregaların ise, 50 km'lik uzaklığa kadar kamusal veya şahsi yapım işleri için kullanılması zorunludur.

Geri dönüştürülmüş malzemelerin, güncel ürün standartlarına uygun hale getirilip 40 km'lik uzaklığa kadar kamusal veya şahsi yapım işleri için kullanılması gerekir. Geri dönüştürülmüş karışım sıcak bitümlü malzemeler 40 km'lik mesafe içinde veya 1,5 saatlik nakliye mesafesi içinde yeniden kullanılmalıdır. Merkezi yönetim, betonu, ahşabı veya bitümlü betonu diğer yerel yönetimlerle paylaşmak ve bu yapısal atıkların yeniden kullanımını desteklemekle yükümlüdür. İş bitirdikten sonra, yüklenici, 'yenide kullanım/geri dönüşüm zorunluluklarına uygunluk raporu' hazırlayıp olası idare denetimi için muhafaza etmektedir. Özel yapım işlerinde ise kamu işlerinde olduğu kadar zorunluluk getirilmemiştir. Bu tür işlerde sadece yapım agregasının veya sahadaki yapım atıklarının yeniden kullanımı teşvik edilmektedir.

Kamusal işlerde, geri dönüşüm ve yeniden kullanım pazarını geliştirmek üzere Japon Yapım Bilgi Merkezi internet sitesinde online bilgi sunmaktadır. Yapı yan ürünü bilgi sisteminin kullanıcıları, siparişçiler, yükleniciler ve atık işleyicileridir. Siparişçiler, yapı yan ürünlerinin bilgisine ulaşip geri dönüştürülmüş yapı malzemelerini nerden satın alabileceklerinin bilgisine ulaşırlar. Yükleniciler, en yakın geri dönüşüm tesisin nerede olduğunu ve buldukları noktaya en kısa ulaşım mesafesini öğrenirler. Atık işleyicileri, yani geri dönüşüm işi, civardaki yapım ve yıkım işlerini öğrenip yüklenicilere reklam yaparlar. Bilgi edinme sisteminde yapım agregası bilgisine en çok devlet içinden gelen siparişçiler veya kamu işi yapacak özel teşebbüsler ulaşır. Bir bölgede, özel yükleniciler, yapısal agrega bilgilerini web sitesine koyarlar, devletin içinden siparişçiler veya özel yükleniciler kamusal işler için bu yapı agregalarını yeniden kullanmak üzere sipariş ederler. Böylece siparişçiler bilgilendirilmiş ve sipariş yüklenicisi daha az işlenmemiş malzeme almış olur, atık azaltılmış, geri dönüşüm için taşınmak yerine, mümkün olduğunca sahada kullanılmış olur. Saha dışında geri dönüşüm/ tasnif tesisleri için vergi indirimi sağlanmış, bertaraf tesislerinden ziyade, öncelik geri dönüşüm tesislerine verilmiştir. Yapısal atık yönetimini destekleyen şirketlere Japanese Policy Investment Bank tarafından düşük faizli kredi sağlanmaktadır (Gao (M), 2008).

2.3.2. Hollanda'da Yapısal Atık Yönetimi

Hollanda'da 1960–70 lerde birçok kanal atık doldurma amaçlı olarak kullanılmıştır. O dönemde alan doldurmaların büyük çoğunluğu kontrol edilmemekteydi. Nüfus yoğunluğu yüzünden alan geliştirme-ıslah etme gereği vardır. Alan doldurma uygulamaları yüksek oranda toprak ve su kirlenmesine neden olmuş ve peşi sıra gelen temizleme işlemleri çok pahalıya mal olmuştur.

Uygulamaları değiştirmek için politik istek ve kararlılık başarıya ulaşmıştır. Nüfus yoğunlunun fazla oluşu ve coğrafi yapısı sebebiyle, Hollanda'da toprak aşırı derecede önemlidir. Bu sebeplerden, Hollanda çoğunlukla agrega tedarikinin önemine inanır. Ülkede birkaç küçük taş ocağı vardır ve bunlar da Belçika ve Almanya sınırındadır. Agreganın büyük bir bölümü Belçika'dan kara yolu ile İskoçya ve İskandinavya 'dan deniz yolu ile taşındığı için nakliye masrafları fazlalığı

sebebiyle bu tür agregalar diğer ülkelerden daha pahalıya mal olmaktadır. Ve Hollanda, yeraltı suyu düzeyi yüksek olduğundan alan doldurmaya müsait değildir.

Bütün bunlar, atık geri dönüşümü için yürürlükteki mevzuatları, etkili düzenlemeleri ve yüksek alan doldurma ücretlerini beraberinde getirmiştir. Agregata talepleri yüksektir. Mimarından müteahhidine, işverenden kullanıcıya herkes geri dönüştürülmüş agregayı kabullenmiş durumdadır. Nakliye maliyetleri hala önemli rol oynamaktadır, bu yüzden geri dönüşüm tesislerinin yeri kritik önem taşır (Hillard, 2001).

1990–2000 yıllarında Hollanda’da çıkarılan yasalarla yeniden kullanılabilir yapısal atıklarla alan doldurulması yasaklanmıştır. Bu sayede geri dönüşüm oranları %95 seviyelerine çıkmıştır. Ayrıca atıkları geri dönüştürülmesinde kolaylık sağlamak üzere türlerine göre tasnif etmeyen kişilerden daha fazla vergi alınarak atık dönüşümü daha verimli hale getirilmiştir.

Hollanda’da kullanılan atık yönetiminin üç temel safhası vardır. Önem sırasına göre:

- Atıkların oluşumunun azaltılması
- Oluşan atıkların geri dönüşümünün artırılması
- Arta kalan atıkların yok edilmesi şeklinde sıralanır.

Hollanda’da bu üç safha geliştirilmiş ve yedi safhalık Lansink Merdiveni oluşturulmuştur (Tablo 2.3). Daha sonra Lansink merdivenine göre daha esnek olan Delft merdiveni tasarlanmıştır (Tablo 2.4) (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

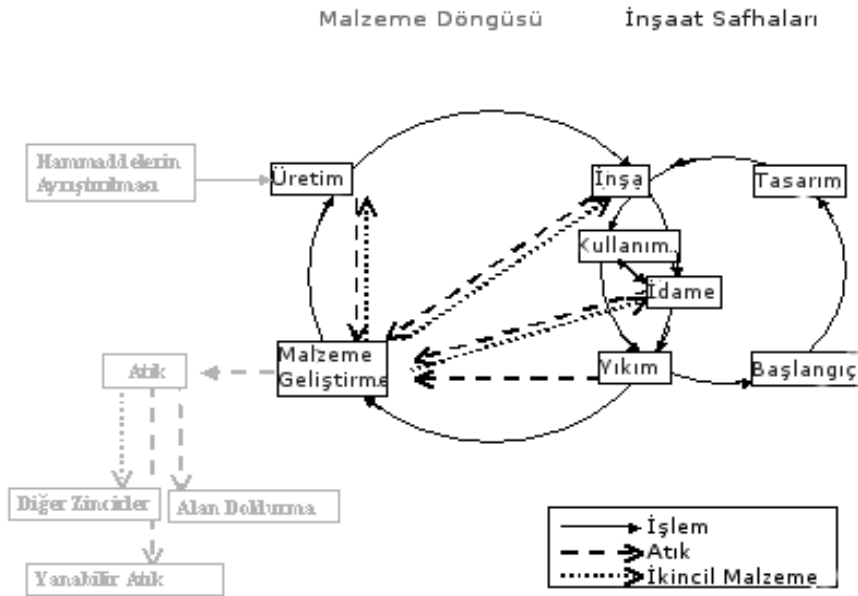
Tablo 2.3. Lansink merdiveni (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

1	Önleme (Prevention)
2	Elemanların yeniden kullanımı (Element reuse)
3	Malzemelerin yeniden kullanımı (Material reuse)
4	Faydalı uygulamalarda kullanım (Useful application)
5	Enerji geri kazanımı için yakma (Incineration with energy recovery)
6	Yakma (Incineration)
7	Alan doldurma (Landfill)

Tablo 2.4. Delft merdiveni (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

1	Önleme (Prevention)
2	Yapıyı yeniden kullanma (Construction reuse)
3	Elemanların yeniden kullanımı (Element reuse)
4	Malzemelerin yeniden kullanımı (Material reuse)
5	Faydalı uygulamalarda kullanım (Useful application)
6	Faydalı uygulamalarla hareketsizleştirme (Immobilisation with useful application)
7	Hareketsizleştirme (Immobilisation)
8	Enerji geri kazanımı için yakma (Incineration with energy recovery)
9	Yakma (Incineration)
10	Alan doldurma (Landfill)

Tümlenik zincir yöntemleri denen bu metotların kullanımında bir maddeden azami faydalanma esastır ve madde toprağa gitmeden önce defalarca kullanılmalıdır. En önemli görev binanın yapım aşamasında çalışan kişilerindir. Bunlar yapım aşamasında binanın yıkımını göz önünde tutmalıdırlar.



Şekil 2.5. Hollanda'da atık yönetimi (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

Şekil 2.5'de Hollanda'da atık yönetim diyagramı verilmiştir.

Hollanda'da, atık yönetimi hakkındaki temel konular:

- Yeniden kullanımın seviyesi (konstrüksiyon, konstrüksiyon elemanları veya malzeme seviyesinde)
- Yeniden kullanımın yolu (recycle, downcycle, upcycle)
 - Recycle: Maddenin aynı amaçla kullanılması için geri dönüşümü (metal parçalarının yine metal üretiminde kullanılmak üzere eritilmesi)
 - Downcycle: Maddenin orijinal kullanımından daha düşük seviyede bir amaç için kullanılması (karıştırılmış granüllerin yol yapımında kullanılması)
 - Upcycle: Maddenin orijinal kullanımından daha iyi bir amaç için kullanılması (uçucu küllerin çimento veya beton yapımında kullanımı)
- Yapım aşamasının buna göre planlanmasıdır (örneğin geri dönüşümü olmayacak malzemelerin kullanılmaması).

Tümlenik zincir yöntemleri sayesinde daha az atık oluşur, hammadde arzı artar doldurma alanlarının kullanımı azalır (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

2.3.3. Hong Kong'da Yapısal Atık Yönetimi

Nüfusu sürekli artan Hong Kong'da bu artış yüzünden sürekli yeni yerleşim alanları oluşturulmakta aynı zamanda eski yerleşim alanları elden geçirilmektedir. Kara sıkıntısı çeken ülkede topraklar çok değerlidir. Bunun yanında iş gücü maliyetleri de bölge ülkelere ve tüm dünyaya nazaran oldukça yüksektir. Uzun yıllar toprak doldurma yöntemi kullanan Hong Kong'da toprakların değerlendirilmesi ve alanın azlığı sebebi ile doldurma alanı sıkıntısı yaşanmaktadır. Bir önlem alınmadığı takdirde mevcut alanların 15 yıl içinde biteceği düşünülmektedir. Bütün bunlar Hong Kong'da yapısal atık yönetimini zorunlu kılmıştır (Poon et al., 2003).

Hong Kong'da uygulanan atık yönetim planı, atık problemlerinin olup olmadığını bulunmasını birinci safhada inceler. Atıkların çeşitlerini listeler ve bunların geri kazanımı oranları için hedefler koyar. Bu süreç planlama, uygulama, gözden geçirme ve iyileştirmeyi içeren döngüsel bir süreçtir.

Hong Kong'da bir atık yönetim planı aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- Ortaya çıkacak atıkların miktarının tip ve zamanına göre incelenmesi,

- Ayrıştırma alternatiflerinin belirlenmesi - atıkların azaltılması ve tasnifi,
- Maddelerin yeniden kullanım, atılım ve geri dönüşüm olarak tasnifi,
- Yok edilme yöntemlerinin belirlenmesi,
- Kullanılacak prosedürleri,
- Saha içinde atık yönetimin planlanması,
- Tasnif için gerekli araçların ve imkanların belirlenmesi,
- Tehlikeli atıklar için özel yok etme yöntemlerinin belirlenmesi (Poon et al., 2003).

Hong Kong'da çevreye duyarlı konular için kullanılacak araç ve sistemleri belirleyen ISO standartlarının 14000 serisi kullanılır. Bu serilerin içinde 14001 inşaat firmaları için ortak bir standart olma yolundadır. Bu sayede, firmalar sürekli bir çevreye duyarlılık kazancı içinde olmaktadır (Poon et al., 2003).

Atık indisinin hesaplanması sayesinde proje yöneticisi kaynakların yönetimini, çıkabilecek atıkların miktarını ve kalitesini daha kolay hesaplayıp yapımın her safhasında atık yönetimi sayesinde atık miktarını azaltabilecek veriye sahip olacaktır. Atık indisi; atığın hacmi, atık için kullanılacak toplam kamyon sayısı, projedeki toplam atık kütlesini verilerinden oluşur.

Saha içinde tasnif hem maliyetleri düşüreceği, hem geri dönüşen maddelerin hemen devam eden yapıda kullanılabileceği hem de atıkların yok edilmesini hızlandırıp yok etme maliyetlerini düşüreceği için hayati öneme sahip bir yöntemdir.

Poon ve arkadaşları tarafından, Hong Kong'da, atık toplama konusunda deneysel bir çalışma yapılmış ve bu çalışma da üç çeşit sahada-tasnif yöntemi kullanıldığı belirlenmiştir. Bu yöntemlerden birinin seçilmesindeki etkenler: kullanılabilecek alanın büyüklüğü yönetim için ayrılan çaba miktarı, iş gücü, maliyet diğer yapım süreçlerini etkileme, atıkların depolanabilmesidir.

Yöntem A: (alan sıkıntısı yoksa en etkili ayrıştırmayı sağlayan yöntem)

- Her blok için iki toplama kanalının oluşturulması ve bu birimlerin birinde taşınabilir (non inert) diğesinde taşınamaz (inert) malzemelerin biriktirilmesi
- Her bir birimin kendi içinde ayrıştırılması

- Inert ve non inertler ayrı kamyonlarla ayrıştırma alanlarına taşınması.

Yöntem B: (en az yere ihtiyaç duyan, en popüler yöntem)

- Her blok için bir kanalın oluşturulması
- Belli bir zaman aralığında inert veya non-inert atıkların toplanması

Yöntem C: (en az tercih edilen yöntem)

- Her blok için bir kanalın oluşturulması
- Zeminde her kanal için bir havuzun oluşturulması
- Havuzda atıkların tasnifi
- Atıkların ayrıştırılması (Poon et al., 2003).

Belirlenen atık toplama yöntemleri içinde Hong Kong için en uygun olanının en az alana ihtiyaç duyan Yöntem B olduğu belirlenmiştir.(Poon et al., 2003).

2.3.4. Almanya’da Yapısal Atık Yönetimi

Almanya’da atık yapısal atık yönetimini içeren ilk kanun, 1972 yılında çıkarılmış, 1986’daki atığı önleme ve bertarafını içeren ilk yapısal atık kanuna temel oluşturmuştur.

Bunlara bağlı olarak, öncelikli hedef atık oluşumunu engellemek eğer bu sağlanamıyorsa yeniden kullanım veya geri dönüşüm yöntemlerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Haziran 1994 ‘de, Geri Dönüşüm ve atık Yönetimi Harekat Planı parlamentodan geçmiş, Ekim 1996’da atık yönetimin kapalı döngü sistemi içinde geliştirmek üzere kanunlaşmıştır. Temel Alman geri dönüşüm sistemlerini, kapalı döngü geri dönüşüm sistemlerini içerir ve atık yönetimi hakkında bazı prensiplere yer verir. Örneğin atıktan kurtulmanın geri dönüştürmekten daha kolay olduğunu fakat geri dönüştürmenin daha yararlı olduğu bilgisini içerir. Atıkları elden çıkarmaya sadece geri dönüşümün çok pahalı veya imkansız olduğu, atık oluşumunun da kaçınılmaz olduğu durumlarda izin verilir. Geri Dönüşüm ve Atık Yönetim Harekat Planı’nda önceki kanunlara göre bir değişiklik de, üreticileri ürünlerinde oluşan atıklardan sorumlu tutmaktır. Bu yönetim planı, Avrupa

Birliği'nin atık yönetimi konusundaki direktiflerini ulusal kurullarla uygulamaktadır. Eylem hiyerarşisi öncelikle atık oluşunun engellemeyi kararlaştırmıştır. Engellenmeyen atık geri kazanılmalıdır. Engelleme ve ya ger kazanma mümkün değilse atıklar elden çıkarılır. Prensip maddelerle uyumlu olmak için geri kazanılacak atıklar ayrı toplanmalı ve ayrı işlemler görmelidir. Geri Dönüşüm ve Atık Yönetim Hareket Planı AB atık yönetimi kuralları çerçevesinde yapılanmayı denetleme ve olası fiyat serbestisi prensiplerini denetleme kurallarını da içerir.

Almanya'da büyük ve genel idari düzenlemelerden birisi de Belediyesel Atık Teknik Yönergesidir. Yönerge, belediyesel ve yapısal atıkların bertarafı ile ilgili hükümlere yer verir. Bu idari düzenlemeler, kaçınılmaz atıkları dönüştürmek, atıkların zararlarını azaltmak, atıklara çevre dostu yaklaşımlarda bulunmayı sağlar. Yapısal atıkların ayrı toplanmalarını ve geri kazanım için ayrı yerlere taşınmalarını işaret eder. Sorumlu belediyeler, mobil veya yarı mobil geri kazanım tesislerini teşvik etmeli ayrıca, atık bertarafının gereklerini de yerine getirmelidirler. Belediyesel Atık Teknik Yönergesi'ne uygun olmayan atıklarla alan dolumu yapılması yasaktır ve bu atıklar daha sonra işleme tabi tutulurlar (Schultmann ve Rentz, 2000).

Federal eyaletler atık konusunda kendilerine ait ve daha özel kural ve düzenlemeler uygularlar. Bazıları, daha önceden yapısal atık yönetimi için özel hazırlanmış tesisler kurarak, atıkları sahada söküp ayırma işlemlerini organize etmişlerdir. Belediyeler veya yerel otoriteler, kendileri yıkım veya söküm izni gibi kurallar oluşturmuşlardır. Bazı şehirlerde daha önceden beri, hazırlık safhalarını, söküm veya yıkım metodu hakkında bilgi ve yıkım izni verildiğinde malzemelerin geri dönüşümü hakkında detaylı bilgi içeren planlar istemektedirler.

Alman devletinin yapısal atıklar hakkında amaçlarını içeren taslağı 1992'den beri yürürlükte olan, çevreye zara vermeden atık oluşumu engellenmesi, geri kazanım ve elden çıkarma şartlarını içeren taslağıdır. Taslak aynı zamanda atık yönetiminin hedeflerini de içerir. Yapım atığı için 1995 yılındaki %60'lık geri dönüşüm oranı başarılıdır. 1993'de taslağı yapılan yapısal atık yönetimi formüle edilmiş ve 1996'da sırasıyla yıkım ve söküm işleri için kesin gerekenleri içeren konular yürürlüğe konmuştur. Taslak, diğer her şeyden önce, geri dönüşebilir

malzemelerin ayrılmasını sağlayacak bir sökümlü planı olması gerekliliğini vurgulamaktadır. Önceki taslakla sağlanan geri dönüştürülen atık miktarı oranı artırılıp, elden çıkarılan atık miktarının 1995'e göre %50 azaltılması sağlanmıştır.

İşlenmiş yapısal atıkların kullanımını sağlamak için sıfır malzeme ile yarışabilmesini sağlamak gerekir. Almanya'da geri dönüştürülmüş ürünleri kalite standartlarını belirlemek için, ayrıntılı bir şekilde çeşitli yönerge ve yönetmelikler hazırlanmıştır. Geri dönüştürülmüş atıkların çoğu yol ve trafik sistemleri için, araştırma enstitüsü kurallarına göre yol yapım çalışmalarında kullanılmaktadır. Özellikle, mineral atıkların açığa çıktığı yapı yıkımlarında, geri dönüştürülmüş agrega beton üretiminde kullanılır. Geri dönüştürülmüş ürünlerin bu kadar özel üretimler için kullanılması durumunda yapı malzemelerine dair oluşturulmuş kurallara sıkı bir şekilde uyulması beklenmektedir (Schultmann ve Rentz, 2000).

2.4. Türkiye'de Yapısal Atık Yönetimi

Bu bölümde, İstanbul ili başta olmak üzere, Türkiye'deki yapısal atıklar ile ilgili düzenleme ve uygulamalar üzerinde durulacaktır.

En gelişmiş iller başta olmak üzere, tüm Türkiye'de yapısal atık sorunları yaşanmaktadır. İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Kocaeli bu konuda önlem alma ve sorunla başa çıkma yolunda çalışmalar yürütmektedir. Türkiye nüfusunun %15'inin (yaklaşık 12 milyon) yaşadığı, bina sayısı bakımından (777 416 bina) en kalabalık olan, Türkiye'nin en fazla yapılaşma faaliyetlerinin yaşandığı, dolayısıyla yapısal atık sorunuyla en yüksek oranda karşı karşıya kalan İstanbul, yapısal atık yönetimi ile ilgili en çok çalışmanın yürütüldüğü şehrimizdir. Bu sebepten, çalışmanın bu bölümünde, İstanbul'da yürütülen yapısal atık yönetimi düzenleme ve uygulamalarına ve mevcut geri dönüşüm sistemlerine yer verilecektir.

Bu bağlamda, öncelikle ülkemizde yapısal atıklarla ilgili yasal mevzuatlardan, bunların en önemlisi Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 'Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nden bahsedilecektir. Bu yönetmeliğin, İstanbul'da uygulanması amacıyla hazırlanan 'İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetim Planı' incelenecek, sonrasında planın uygulanma durumunu

kontrol etmek için Çevre Koruma Müdürlüğü, İSTAÇ ve Alo Moloz Hattı faaliyetlerine yer verilecektir. Daha sonra, yerel yönetimlerden bağımsız çalışan, yarı örgütsel uygulamalara değinilecektir. En son olarak da, İstanbul'da yapısal atık geri dönüşüm konusunda değerlendirme yapılacaktır. Yönetim planları uygulamalarının yer aldığı herhangi bir yazılı kaynak olmadığı için, Çevre Koruma Müdürlüğü, İSTAÇ ve Alo Moloz Hattı çalışanları ve yarı örgütsel uygulamaya dahil kişilerden röportaj yoluyla bilgi alınmıştır.

2.4.1. Merkezi ve Yerel Yönetim Uygulamaları

Türkiye'de, bu güne kadar yapısal atıklarla ilgili hazırlanmış yasal mevzuatlar şunlardır;

- 1580 sayılı Belediye Kanunu
- 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu
- 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu
- 2872 sayılı Çevre Kanunu
- 3194 sayılı İmar Kanunu
- 5326 sayılı Kabahatler Kanunu

Ülkemizde, 2872 sayılı Çevre Kanunu uyarınca çıkarılan, yapısal atıkların çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak çevreye atılmasının önüne geçilmesi, yapısal atıkların tekrar kullanım ve geri dönüşümünün sağlanması ve bertaraf edilebilmesi için gerekli teknik ve idari standartların oluşturularak prensip ve politikaların ortaya koyulabilmesi amacıyla, 'Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği' 18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği 2004 yılından önce Türkiye'de bu konuda düzenli olarak yürütülen herhangi bir çalışma yoktur. İstanbul'da özellikle, 13 milyon ton yapısal atık oluşturan Marmara depreminden sonra atık miktarında önemli bir artış olmuştur (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001). Bu atıklar boş alanlara, dolgu alanlarına, dere kenarlarına gelişi güzel dökülmüştür. Çoğu ülkelerde olduğu gibi 'Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği' ile

Türkiye’de de bu tür atıkların kontrolsüz olarak toprağa dökülmesini yasaklanmıştır (Öztürk, 2005-a). Çevre ve Orman Bakanlığı bu yönetmeliğin uygulanması görevini belediyelere vermiş, yönetmelik doğrultusunda 10 Temmuz 2004’den itibaren İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, ilçelerinin en küçük beldelerine kadar yönetmeliğin uygulanması konusunda kontrolü eline almıştır.

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde, Türkiye’de oluşan yapısal atıkların çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesinin önlenmesi ve bu atıkların geri dönüşüm ile bertaraf edilebilecek miktarının azaltılması amacıyla; yapısal atıkların diğer atıklardan ayrı olarak biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrıştırılması ve geri dönüşümünü sağlamak üzere iyi bir atık yönetim planının oluşturulması amaçlanmıştır ve bu yönetim planı çerçevesinde sorunların çözülmesi hedeflenmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Yönetmelik; genel ilkeler, görev yetki ve yükümlülüklerden sonra; geçici biriktirme ve toplamaya, yapısal atıklarının taşınmasına, geri kazanılması ve değerlendirilmesine, depolama sahalarının yer seçimine, inşası ve işletilmesine ilişkin esasları, içermektedir.

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’ni İstanbul’da uygulama amacı doğrultusunda Mart 2006’da, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İktisadi Teşekküllerinden biri olan, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İSTAÇ) tarafından ‘İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetim Planı’ hazırlanmıştır.

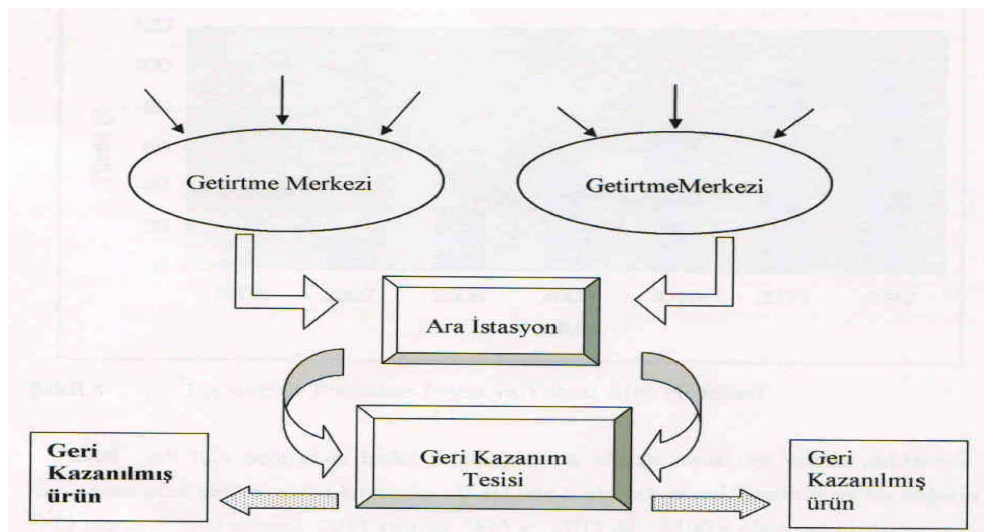
‘İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetim Planı’nda, yapısal atıkların, nerede, nasıl, ne zaman ve hangi tür toplama araçlarıyla toplanacağı, nerede ayrıştırılacağı ve nasıl geri kazanılacağı belirtilmiştir. Bu yönetim planında, öncelikle İstanbul ‘da yapısal atıkların mevcut durumdaki yönetimi incelenmiştir. Buna göre, İstanbul’un %50’sinden fazlasında yapısal atıkların yönetimi konusunda hiçbir faaliyet yürütülmemektedir (İstaç, 2005). İl genelinde mevcut halde toplanan yapısal atıklar konusunda ciddi veri eksikliği bulunması, atık miktarının literatüre bakarak tahmini yollarla hesaplanmasını gerekli kılmıştır. AB uyumlu Katı Atık Yönetimi Stratejik Planı nda kullanılan UNDP (United Nations Development Programme) yaklaşımı İstanbul’un 2020 yılına kadar olacak nüfusunu belirlemek için kullanılmış,

öngörülen yıllık kişi başı atık miktarı ile orantılanıp 2020 'ye kadar oluşacak yapısal atık miktarı tahmin edilmiştir (İstaç, 2005). 2020 yılına kadar oluşacak tahmini İstanbul nüfusu, kişi başı üretilecek yıllık atık miktarı ve oluşması öngörülen toplam yapısal atık miktarının yıllara göre dağılımı Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5. İstanbul'da yıllara göre oluşan toplam yapısal atığı miktarı (İstaç, 2005).

Yıllar	2005	2010	2015	2030
Kişi başı üretilen inşaat ve yıkıntı atığı miktarı(kg/yıl)	200	230	250	300
Nüfus	11.175.700	12.308.200	13.384.100	14.367.700
Toplam üretilen inşaat ve yıkıntı atığı miktarı(ton/yıl)	2.235.140	2.830.886	3.346.025	4.310.310

Yapısal atıkların sistemli bir şekilde toplanabilmesi ve kaçak dökümün önüne geçilmesi için Türk Mevzuatı Senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoya göre, öncelikle her ilçeye en az bir adet getirtme merkezi kurulması planlanmaktadır. Getirtme merkezi olarak kullanılacak alanlara yapısal atıkların toplanacağı konteynırlar konulacaktır. Bu konteynırlarda toplanan atıklar, ilgili birkaç ilçeye hizmet edebilen ve daha büyük konteynırların bulunduğu ara istasyonlara taşınacaktır. Ara istasyonlarda geçici olarak biriktirilen atıklar buradan geri kazanım tesisine gönderilip geri dönüştürülerek kum, mısır vb. ürünler elde edilecektir (Şekil 2.6) (İstaç, 2005).



Şekil 2.6. Türk Mevzuatı Uyum Senaryosu'na göre yapısal atıkların yönetimi akış diyagramı (İstaç, 2005).

Türk mevzuatı ile uyumlu senaryoya göre İstanbul 'da oluşan yapısal atıkların toplanması dört şekilde olacaktır. Atıkların %40'ı getirtme merkezleri üzerinden, %20'si konteynırların belli bir süre üreticiye teslim edilip daha sonra atıkla birlikte alınmasıyla ve diğer %20'si ise direkt olarak atıkların geri kazanım tesisine getirilmesi ile toplanması planlanmıştır (İstaç, 2005). Türk Mevzuatı Uyum Senaryosu İstanbul genelinde toplanması planlanan inşaat ve yıkıntı atığı hedeflerini yakalayabilmeyi, 2007 yılı sonuna kadar her ilçeye en az bir adet getirtme merkezi kurmayı, geri kazanım tesisinden elde edilen ürünleri piyasada yaygın şekilde kullanılabilir hale getirmeyi hedeflemiştir (İstaç, 2005).

Fakat Hafriyat Toprağı ve İnşaat Yıkıntı Atıkları Yönetmeliği' ile ilgili bu güne kadar yapılanlar son derece sınırlıdır. 'İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetim Planı'nda belirtilen 2007 yılı sonuna kadar her ilçeye en az bir adet getirtme merkezi kurabilmek hedefine ulaşmak, 2007 sonunda dahi söz konusu bile olmamıştır. Yönetmelikte geçen Çevre ve Orman Bakanlığı denetimi hiçbir şekilde gerçekleşmemektedir. Durum sadece İstanbul Büyük Şehir Belediyesi'nin kontrolünde devam etmektedir. Şu anki durumda, yönetmeliğin uygulanması ve yapısal atıkların kontrolü amacıyla kaçak döküm engellenmeye çalışılmakta, atık taşımacılığı yapan araçlar denetim ve kontrol altına alınmakta, atıkların belediye tarafından gösterilen alanlara bırakılması sağlanmakta ve çok faal olmasa da Alo Moloz hattının işlerliği devam etmektedir (Oktar, 2008).

Bu bağlamda, İstanbul merkezde her gün Anadolu ve Avrupa yakasında beşer tane olmak üzere ekipler, inşaat atıklarının kaldırılıp kaldırılmadığı konusunda denetim yapmaktadır. İlçe belediyeleri, bu denetimleri kendi ekipleri ve zabıtalarla, kırsal kesimler ise jandarma yardımıyla gerçekleştirmektedir ancak, ekip sayısı dolayısıyla denetimler, son derece yetersizdir. Bunlara rağmen, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, günde 6-7 bin araçla gerçekleştirilen yapısal atık nakliye sisteminin düzenlenmesi ve kontrolü konusunda büyük aşama kaydetmiştir. Hafriyat ve yıkıntı taşıyacak olan kamyonlara belli standartlar getirilmiş, %70-80 kadarı bu sisteme bağlanmış, kayıt altına alınmıştır. Şu anda belediyenin kendi araçlarında yapısal atıkların depolama sahalarının dışına dökümü önlenmiş, araçların internet üzerinden takip ve kontrolünü sağlayan elektronik araç-takip sistemi takılmıştır. Yapısal atıkları taşıma izni almış nakliye araçlarının dışındaki araçlarla

taşıma yapılmasına izin verilmemekte, nakliye araçlarının denetiminde; "Atık Taşıma ve Kabul Belgesi", "Hafriyat Toprağı, İnşaat/Yıkıntı Atıkları Taşıma İzin Belgesi" ve kamyonun her seferi için, gün tarihli taşıma kabul fişi aranmaktadır. 17.Karayolları 1.Bölge Müdürlüğüne, yapısal atık taşıyan kamyonların tonaj kontrolünün daha yaygın olarak, özellikle döküm sahalarının girişlerindeki kontrol noktalarında yapılması sağlanmıştır (Oktar, 2008).

Yapısal atık döküm yerlerine ulaşım konusunda yaşanan sıkıntının giderilmesi için; alternatif yeni yollar üretilip, İSKİ 'nin yollarından istifade edilmekte, Orman Bölge Müdürlüğü'ne ait yolların ıslah edilerek döküm alanlarına kolay ulaşımı sağlanmaktadır. Taşocağı ve açık maden işletmeleri gibi topografyası bozulmuş yerlerin rehabilitasyonunu sağlamak amacıyla bu yerler hafriyat döküm yeri olarak değerlendirilmektedir. Atıkların depolanacağı alanlar belirlenirken topografyası, jeolojisi, hidrojeolojisi, jeoteknik ve tektonik özelliklerine dikkat edilip, depolama tesislerinin, toprak işlenmesine elverişli ve üretim potansiyeli yüksek olan arazilerle, sulu tarım ve bağ-bahçe olarak kullanılan alanlara kurulmamasına dikkat edilmektedir.

Döküm sahasına getirilen ürünlerin ayrıştırması konusunda titiz bir kontrol yoktur. Sadece çıplak gözle ve genelde atıklar boşaltıldıktan sonra genel bir kontrol yapılmaktadır. Gözle görülebilecek boyuttaki zararlı olduğu düşünülen maddelere müdahale edilmektedir. Bu konuda insanların bilinçli davranıp zararlı maddeleri boşalttıkları anda çevreye verdikleri zarardan ötürü kendilerinin de dolaylı olarak etkileneceklerini bilmesi ve iş ahlakına sahip olmaları beklenmektedir. Döküm yerleri 3–5 kişilik mühendis ve kontrolörlerden oluşan bir ekip tarafından düzenli olarak kontrol edilip durumları konusunda ilerleme raporları ve rehabilitasyon çalışmaları başlatılmaktadır (Oktar, 2008).

İstanbul'daki yapısal atıkları geri dönüştürmek üzere, şu anda, Tuzla'da, bir tane aktif geri dönüşüm tesisi mevcuttur. Anadolu yakasında Ümraniye'de Avrupa yakasında ise GOP ve Eyüp'te de tesis oluşturmak hedeflenmektedir. Geri dönüşüm tesislerinin düzenlenmesi ve işletilmesi, İSTAÇ'ın sorumluluğuna verilmiştir. Bu kapsamda İSTAÇ Tuzla'daki mobil geri dönüşüm tesisini geliştirmek, İstanbul'a tam teşekküllü bir geri dönüşüm tesisi kurmak amacıyla harekete geçmiş, bu tesis için çeneli kırıcılar, elek sistemleri alınmıştır. Bu makineler vasıtasıyla manyetik demir

tutucu ile demir ayrılmakta, büyük beton blokları kısa sürede 0–45 mm ebadına getirilmekte ve büyük parçalardan elenerek ayrılmaktadır (Resim 2.1–7). Aşağıda, İSTAÇ yetkililerinin 2008, Almanya gezisinde inceleyip satın aldığı makineler verilmiştir (Ateş, 2008).



Resim 2.1. Extec C 12 makinesi (kırıcı) (Ateş, 2008).



Resim 2.2. Betondan ayrılmış demirin görüntüsü (Ateş, 2008).



Resim 2.3. Kırıcının besleme ağzının görüntüsü(Ateş, 2008).



Resim 2.4. Kırıcının içten görünüşü(Ateş, 2008).



Resim 2.5. Mobil elek makinesi (Ateş, 2008).



Resim 2.6. Taş kırma ocağından görüntüler (Ateş, 2008).



Resim 2.7. Sabit kırıcıdan görüntüler ve kırıcıdan çıkan malzemenin bantla nakli (Ateş, 2008).

İSTAÇ'ın İstanbul'un moloz ve hafriyattan temizlenmesi hedefine yardımcı olmak üzere, Alo Moloz Hattı, 2001 yılından bu yana günde 3 ekiple İstanbul'un bazı bölgelerinde konutlardan çıkan tadilat atıklarını 0212 521 01 01 numaralı telefona yapılan müracaatlarla toplamak amacıyla çalışmaktadır. İlk kurulduğu yıllarda bütün İstanbul'a hizmet etmesine rağmen şu anki durumda Anadolu Yakası'nda sadece Ümraniye ve Kadıköy'den atık alınmaktadır. Avrupa yakasında ise Bağcılar, Bakırköy, Bayrampaşa, Esenler, Güngören, Kağıthane, Fatih, Zeytinburnu dışındaki ilçelerden alınmakta, bu ilçeler kendi imkanlarıyla evlerde oluşan tadilat atıklarını almaktadır. Geri dönüşüm tesisleri istenen düzeye ve sistematığe oturtulduğunda her ilçenin bu atıkları kendisinin taşıması planlanmaktadır.

Alo Moloz Hattı'na günlük olarak 50 'ye yakın başvuru olmakta fakat bunların sadece 4-5 tanesi gerçekleşmektedir. Bunun sebebi Alo Moloz Hattı'nın tadilat atığına sahip kişilere, atık bertarafı için sunduğu tek imkanın atık taşıma aracı olması ve içine yabancı madde karışmış yapısal atıkları kabul etmemesidir. Atık sahipleri, bu sistemini öğrenince, atıklardan kurtulmak için genelde nalburlarla anlaşmakta, ağırlık ve hacim olarak fazla yer tutmadığı için atıklar, nalburlar tarafından herhangi bir yere dökülmektedir. Fatih Belediyesi yüklemeyi kendi ekipleriyle yaptığı için bu bölgede, bu sistemin işlerliği daha fazladır (Bilgin, 2008)

Tek noktadan yönetilen Alo Moloz Hattı tarafından küçük kamyonlarla toplanan atıklar Anadolu Yakası'nda Hekimbaşı, Avrupa Yakası'nda Edirnekapı şantiyelerinde toplanıp buralardan büyük araçlarla döküm sahasına götürülmektedir. Her ne kadar işlerliği az da olsa Alo Moloz Hattı İstanbul İçin İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetim Planında belirtilen 'toplama hizmetinin üreticiye götürülmesiyle atıkların toplanması' maddesini gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Aynı yönetmelikte yer alan 'üreticiye belli bir süre konteynır teslim edilmesi suretiyle atıkların toplanması' imkanı ise sadece tadilat işleriyle uğraşan firmalara tahsis edilmektedir. Bundan da İstanbul 'da Anadolu ve Avrupa Yakası'nda birer tane olmak üzere sadece özel bir firma yararlanmaktadır. Her ay, Alo Moloz Hattı tarafından Çevre Koruma Müdürlüğü'ne aylık ilerleme raporu verilmektedir (Bilgin, 2008).

2.4.2. Yarı Örgütsel Uygulamalar

Türkiye 'de yapısal atık konusunda resmi olmayan geri kazanım sistemlerinin, ülke genelinde çok yaygın ve etkili geri kazanım yöntemini oluşturduğunu söylemek mümkündür. Bu sistemde, yapıda onarım ve yıkım sonucu oluşan ve yapı elemanlarının ve bileşenlerinin, durumlarına göre, yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi sağlamaktadır. Bu bölümde, Türkiye yapısal atık değerlendirilmesinde büyük role sahip, yarı örgütsel uygulamalara değinilecektir.

Türkiye genelinde, binalar betonarme karkas veya yığma taş duvardan oluştuğundan bileşenlerin tamamını söküp birbirinden ayırmak pek mümkün değildir. Yeniden kullanılacak veya geri kazanılacak bina bileşen veya malzemeleri, yıkım başlamadan önce, vakit kaybına sebep olmasına ve pahalı olmasına rağmen manuel olarak binadan sökülür. Yeniden kullanılması düşünülen pencereler, kapılar, gömme dolaplar ve bunun gibi malzemeler için levye, çekiç, kerpeten, kullanırlar. Tuğlalar levye ile çıkarım anında kırılıp bozuldukları için çok az miktarda yeniden kullanılır. Pencere çerçeveleri kancalarla duvarlardan ayrılmaktadır, bu da bu malzemelere hasar verebilmektedir. Seramik yüzeyler genelde kırılır ve geri dönüştürülmez. Zaten yıkım üstlenicileri, tuğla ve taşları kurtarmaya değer bulmadıkları için, bunları mümkün olan en kısa sürede moloza dönüştürmeye bakarlar. Kullanıma veya geri dönüşüme değer malzemedenden geriye, daha sonra bina yüklenicisi tarafından kaldırılmak üzere moloz yığını bırakılmış olur (Özkan, 2002).

Yıkım üstlenicileri, aynı zamanda yapı malzemeleri perakendecileri oldukları için, binadan sadece satabilecekleri ürünleri ayrıştırırlar. Bundan fazlasını maddi anlamda işe yarar görmezler, sadece maddiyata bakarlar. Özkan (2002)'a göre İstanbul Ankara ve İzmir'de görüşülen üstlenicilerin hiç biri düzgün analiz ve güvenli yıkım stratejisi belirlememekte, herhangi bir inşaat mühendisi çalıştırmamakta, çalıştırılan işçiler genelde vasıfsız ve eğitimsiz olmaktadır.

Yeniden kullanılabilir bina parçaları, özellikle evlerinin tamirinde yeni ürün alamayan düşük gelirli vatandaşlar arasında talep görmektedir. Bu alıcıların birçoğu gecekodu bölgelerinde evini büyütmek ya da illegal yapılaşma yapmak isteyen insanlardır. Bu ürünlerin kullanıcılar için en büyük önemi finansaldır. Çevre koruma, hayat döngüsü uzatma gibi sofistike kavramlarla pek ilgilenmezler. Gecekondular, binalarını çabuk ve ucuz bir şekilde imal etmek istedikleri için, hazır bina bileşenlerine ihtiyaç duyarlar, böylece hurdacıların en büyük müşterisi olurlar.

Özkan (2002)'a göre Türkiye'de, büyük şehirlerde yıkım alanları daha fazladır ve yıkım işi göreceli olarak buralarda daha yüksek kar getirir. Türkiye'nin bütün büyük şehirlerinde yıkım firmaları mevcuttur. İstanbul'da Ümraniye, Güneşli, Arnavutköy, Altınşehir ve Mahmutbey böyle alanlardır. İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerde talepler birbirine çok fazla benzemektedir. Buradaki ikinci el ürün müşterileri benzer toplum tabakalarından gelmektedirler. Örneğin kapılar pencere malzemeleri, banyo malzemeleri gibi ürünler gecekodu bölgelerinden gelenler tarafından alınırken, ahşap kirişler, tahta kaplamalar genelde inşaat iskelelerinde kullanılmak üzere üstleniciler tarafından alınır. Nadir de olsa restorasyon ve yenileme çalışmaları içinde bu malzemeler alıcı bulur.

Türkiye'de yıkım üstlenicileri, yıktıkları binalardan, geri dönüşüme göndermek üzere, öncelikli olarak demir, çelik, alüminyum, ahşap almayı hedeflerler. Daha önce de belirtildiği gibi bunlar yüksek kar getiren malzemeler oldukları için kurtarılması en çok tercih edilen malzemelerdir. Metaller, metal dönüşümcülerine; ahşap, preslenip laminant yapımında kullanılmak üzere bu işte uzmanlaşmış firmalara satılır. Kalın ahşaplar, kapılar, pencereler, banyo elemanları, borular, gömme mobilyalar, vitrifiye elemanları ve kiremitlerin ise geri dönüşümden ziyade yeniden

kullanımı tercih edilir. Yeniden kullanılacak yapı malzemeleri, bir takım onarımlardan geçirildikten sonra veya hiç bir onarım yapılmadan satışa sunulmaktadır. Örneğin yıkılacak bir binadan sökülen PVC pencere veya kapılar contaları değiştirilerek ve boyanarak kalitesi artırılıp satılmaktadır. Bazı hurdacıların bu malzemelerin bakımını yaptıktan sonra fabrikadan yeni çıkmışçasına ambalajlayıp sıfır malzemeler arasında sattığı da bilinmektedir. Geri dönüştürülmeyip yeniden kullanılacak metal birçok yapı malzemesi (genellikle kapılar) delinmeleri varsa yama yapılmakta ve boyanmaktadır (Cılga, 2007).

Kiremitler en az satılan ürünlerdir, vitrikiye ürünleri de sökümü zahmetli olduğu ve kolay kırılabildiği için çok tercih edilmez. İkinci el yapı malzemeleri, çok yer kapladığı ve hareket ettirilmeleri zor malzemeler olduğu için genelde açıkta bırakılırlar ve hava koşullarına maruz kalırlar. Bu durum da malzemelerin kalitesini azaltan bir faktördür ve eskimeye sebep olur. Alanlarda, saklama alanlarının yetersizliği bazen ürünlerin pazar değeri olsa bile atılmasına sebep olabilir. Bu malzemeler genelde çok yer kaplayan ve getireceği karı kapladığı alanla doğru orantılı olmayan malzemelerdir. Satıcılar hep, çok ve çabuk kar getiren ürünleri değil aynı zamanda az yer kaplayan ürünleri tercih ederler. Resim 2.8,9,10'da İstanbul, Ümraniye'deki hurdacıların sattığı ikinci el yapı malzemelerine yer verilmiştir.

İkinci el yapı malzemesi kullanmayan kişiler tarafından hoş karşılanmamaları, Çevre Koruma Müdürlüğüne görmezden gelinmelerine rağmen kullanılmış yapı malzemesi satan hurdacılar, Türkiye 'de yapısal atıkların değerlendirilmesi ve kaynak korunumu açısından şu anki şartlarda yeri doldurulmaz bir konumdadırlar. Çünkü ülkemizdeki mevcut hiçbir yönetmelikte ve yönetim planında, demirinden ayrılan beton ve tuğla dışındaki yapısal atıkların herhangi bir çeşidi hakkında yazılı bulunan veya uygulanan hiçbir yeniden kullanıma veya geri dönüşüme yer verilememiştir. Betondan ve tuğladan daha az yer kaplamaları, bu tür malzemelerin daha az değerli oldukları anlamına gelmemelidir.



Resim 2.8. İkinci el pencere ve kapılar, Ümraniye



Resim 2.9. İstanbul, Ümraniye'de ikinci el yapı malzemeleri satıcılarının yoğunlukla bulunduğu cadde.

2.4.3. Türkiye'de Yapısal Atık Geri Dönüşüm Sorunları

Türkiye'de, 2004 yılında, yapısal atıklarla ilgili kapsamlı bir yönetmelik çıkmış olmasına rağmen, henüz, yapısal atıkların geri dönüştürülmesi ile ilgili uygulamalar etkin bir şekilde gerçekleştirilememekte, daha önceden süregelen ve genellikle yarı örgütsel uygulamalar tarafından yürütülen yöntemlere devam edilmektedir. Bunlar da

geri dönüşümü pratik yarar sağlayan ve yüksek kar bırakan demir, çelik, cam, kağıt gibi yapı malzemeleri olmaktadır.

Merkezi ve yerel yönetimlerin, ağır işleyen uygulama mekanizmaları çerçevesinde, şu anda, yapısal atıklardan, geri dönüşümü en fazla gerçekleştirilen malzeme, çalışmaları daha basit ve yaygın olduğu için hafriyat toprağı olmaktadır. Çevre Koruma Müdürlüğü'nün tahminlerine göre, İstanbul'da yıllık 1500–2000 ton hafriyat toprağı oluşmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İktisadi Teşekküllerinden biri olan Ağaç A.Ş. tarafından, bitkisel toprağı geri dönüştürmek amacıyla Anadolu ve Avrupa yakalarında birer tane olmak üzere, iki adet hafriyat toprağı dönüştürme alanı kurulmuştur. Hafriyat toprağı, diğer yapısal atıklara karışması kesin olarak engellenerek ayrı toplanır, park, bahçe ve yeşil alan yapımında rekreasyon amacıyla kullanılmak üzere bu alanlarına taşınır, burada işleme tabi tutulup gerektiğinde kullanılmak üzere depolanır. Hedef, altı noktada tesis kurmaktır (Oktar, 2008).

İstanbul'da, tüm Türkiye'de olduğu gibi, yapıların, –içinden yeniden kullanılabilir ve geri dönüşebilir malzemeleri aldıktan sonra veya almadan– yıkımı sonucu oluşun, moloz adı verilen ve büyük kısmı beton ve tuğladan ibaret, hareketsiz yığın, hurdacılar tarafından değersiz görülür, geri dönüştürülmez. İstanbul'da moloz, belediye tarafından yol işlerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmak üzere şehrin tek yapısal atık geri dönüşüm tesisinde mekanik işlemlerden geçirilerek geri dönüştürülür. Tuzla Şekerpınar'daki bu tesis mobil bir tesistir (Oktar, 2008). Burada, büyük bir alanda beton kırma aracı dolaştırılarak büyük beton ve duvar blokları küçük parçalara ayrılmaktadır. Kullanılacağı alana göre bu atıklar 0–50 mm, 50–130 mm, 130 mm ve üzeri parçalar halinde ayrıştırılmaktadır. Tesisteki araç sayısı yetersiz ve eski model, parçalanacak atık miktarı da çok olduğundan araçlar atık yığının yanına giderek kırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu durum işin yapılma titizliğine bağlı olarak ilk kırılan parçalarla daha sonra kırılanların birbirine karışmasına yol açabilmektedir. Bu, son derece yetersiz ve ilkel bir tesis olduğu için ürün ayrıştırılmasına dikkat edilmemekte, moloza karışmış her türlü yapısal atık da beton atığı gibi değerlendirilip sadece farklı ebatlara parçalanmaktadır. Tuzla'daki geri dönüşüm merkezi, Resim 2.11 ve 2.12'de görülmektedir (Ölmez, 2008).



Resim 2.11. Tuzla Şekerpınar' daki geri dönüşüm merkezi ve beton kırma aracı(Ölmez, 2008).



Resim 2.12. Tuzla Şekerpınar' daki geri dönüşüm merkezinde atık yığı (Ölmez, 2008).

Türkiye’de, malzemelerin yıllık üretim miktarları bilinmesine rağmen, inşaat sektöründe kullanılan miktarlarına dair kayıtları tutulmamaktadır. Bu sebeple, demir, çelik, alüminyum, cam, plastik, ahşap, taş gibi birçok farklı alanda da kullanılan malzemelerinin, yapılarda kullanım miktarı kesin olarak bilinmediğinden, hangi yapı malzemesinin ne kadar geri dönüştüğü de belli değildir. Bu belirsizliğin sebeplerinden biri de, geri dönüşümlerinin, genellikle hurdacılar tarafından yapıp, kayıtlarının tutulmamasıdır. Beton, tuğla, kiremit gibi sadece yapılaşma faaliyetleri için üretilen malzemelerin üretim miktarına bakarak kullanım miktarlarına varılabilir. Buna göre, 2003 yılında 25,8 milyon m³ hazır beton (Karakule ve ark., 2004), 1999 yılında 1107491 adet tuğla, 183359 adet kiremit üretilmiştir (Devlet Planlama Teşkilatı, 2000). İstanbul’da geri dönüşümü sadece belediye tarafından yapılan beton ve tuğla da diğer yapı malzemelerine karışmış olduğu için tam olarak kaç tonunun geri dönüştürüldüğü de bilinmemektedir.

Sorun, her ne kadar yönetmelikte geçen kuralların uygulanmayışı gibi gözükse de, ülkemizde, yapısal atıkların geri dönüşümü ile ilgili temel sorun, bu atıkları geri dönüştürmek için gerekli tesislerin ve teknolojinin olmamasıdır. Geri dönüşümü pratik kar sağlayan malzemeler zaten atık sahipleri veya hurdacılar tarafından sorunsuz olarak geri dönüştürülmektedir. Fakat yapısal atığın asıl sorun teşkil ettiği ve en çok yer kaplayan kısmı (moloz) şu anda çok büyük oranda, sadece deponi alanlarına gönderilmektedir. Moloz, geri dönüştürüldüğünde, bireysel işlerden ziyade kamusal işlere yaradığı, daha da önemlisi geri dönüşümü büyük alan ve iş makineleri gerektirdiği için hurdacılar çekici gelen bir ürün değildir. Tuzla’daki tek tesis de ihtiyacı karşılayamadığından İstanbul, mevcut yapısal atıklarının geri dönüşümü sorunundan, belediyenin kurduracağı geri dönüşüm tesisleri aracılığı ile kurtulabilir. Aksi takdirde, yapısal atıkların sadece toplanması yalnızca deponi alanlarının dolmasına sebep olur. Ülkemiz, yapısal atık geri dönüşümünde dünya standartlarındaki teknolojiye de ancak bu tesisler kurulmasıyla kavuşabilir.

Üçüncü bölümde, dünyada, yapısal atıklara uygulanan geri dönüşüm sistemleri ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanım alanları açıklanacaktır.

3. YAPI MALZEMELERİNİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ (GERİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİSİ VE KULLANIM ALANLARI)

Bu bölümde, yapısal atık yönetiminin önemli bir aşaması, aynı zamanda bu çalışmanın da amacı olan yapısal atıkların geri dönüşüm potansiyelleri araştırılmıştır ve elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur. Bunun için, Türkiye’de en çok kullanılan ve dolayısıyla en çok atık üreten malzeme olan beton başta olmak üzere sırasıyla; plastik, cam, ahşap, demir içeren, demir içermeyen metaller, tuğla ve taş malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve potansiyelleri ile geri dönüştürüldükten sonraki kullanım şekilleri ve alanları açıklanmıştır.

Geri dönüşebilir bir malzeme söz konusu olduğu zaman ekonomi, diğer malzemelerle uyumluluk, malzemenin özellikleri konularına dikkat etmek gerekir (Tam and Tam, 2006). Bazı yapı malzemelerinin geri dönüşümü, sağladığı çevresel yararların yanında ekonomik yararlar da sağlar (alüminyum, çelik, cam, kağıt vb). Fakat bazılarının (örneğin beton) geri dönüşümü ek maliyet getirebilir. Geri dönüşüm konusunda duyarlı bazı ülkelerde, ekonomik getirisine bakılmaksızın çevre ve insan sağlığı adına geri dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda, günümüz şartlarında uygulamaya yönelik olsa da olmasa da bütün malzemeler için her türlü geri dönüşüm yöntemi deneyleri yine bu konuda gelişmiş ülkeler tarafından yapılmakta, çoğu başarıyla sonuçlanmaktadır.

Bununla birlikte, birçok malzemenin geri dönüşüm şeması yapılması rağmen, genel çerçevede, yapısal atıkların güncel geri dönüşüm yöntemi birkaç katı atık türünü içermektedir. Günümüzde: asfalt, tuğla, beton, demir içeren metaller, cam, taş, demir içermeyen metaller, kağıt-karton, plastik, ahşabın geri dönüşümü çalışılmaktadır. Tablo 3.1’de bu malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 3.1. Malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları (Tam and Tam, 2006).

Malzemeler	Geri Dönüşüm Teknolojisi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Asfalt	Soğuk Geri Dönüşüm Isı Üretimi Minnesota Üretim Paralel Silindir Üretim Uzatılmış Silindir Üretim Mikrodalga Asfalt Geri Dönüşüm Sistemi Finfalt Yüzey Yenileme	Geri Dönüştürülmüş Asfalt Asfalt Agregası
Tuğla	Yakıp kül (ash) haline getirme Agregası haline getirmek için kırma	Balçık kül Dolgu malzemesi Hardcore
Beton	Agregası haline getirmek için kırma	Geri dönüştürülmüş agregası Yeni beton yapımında kullanma Nehir seti Dolgu malzemesi
Demir İçeren Metaller	Eritmek Doğrudan yeniden kullanma	Gri dönüştürülmüş çelik parçaları
Cam	Doğrudan yeniden kullanma Öğütürerek toz haline getirme Cilalama Kırıp agregaya katma Yakıp kül (ash) haline getirme	Geri Dönüştürülmüş Pencere Ünitesi Cam elyafı Dolgu malzemesi Seramik Kaldırım taşı Asfalt Geri dönüştürülmüş agregası Çimento yerine Sentetik toprak
Taş	Agregası haline getirmek için kırma Kül(ash) haline getirmek için 900C ye ısıtma	Isı yalıtım betonu Geleneksel çamur tuğla Sodyum silikat tuğla
Demir İçermeyen Metaller	Eritmek	Geri dönüştürülmüş metal
Kağıt/Karton	Temizleme	Geri dönüştürülmüş kağıt
Plastik	Kriyojenik öğütme ile toza dönüştürme Kırma, kesme Agregası haline getirmek için kırma Yakıp kül (ash) haline getirme	Panel Geri dönüştürülmüş plastik Plastik kereste Geri dönüştürülmüş agregası Alan doldurma drenajı Asfalt Sentetik toprak
Ahşap	Doğrudan yeniden kullanma Agregaya karıştırma Maden eritme ocağında oksijenini çıkarma Gazlaştırma ve Işıl kesim Yüksek su buharı altında şekil verme	Tek parça ahşap Mobilya ve mutfak malzemeleri Hafif geri dönüştürülmüş agregası Enerji kaynağı Kimyasal üretim Ahşap kaynaklı panel Plastik kereste Geofiber İzolasyon levhası

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde Türkiye’de en fazla kullanılan dolayısıyla en fazla yapısal atık üretimine neden olan malzeme betonun üzerinde yoğunlukla durulacaktır. Daha sonra diğer yapı malzemeleri taş, tuğla, plastik, cam, ahşap, demir içeren ve içermeyen metallerin geri dönüşümü irdelenecektir.

3.1.1. Beton Malzeme

Beton, agrega (ince ve kaba agrega) çimento ile suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden, homojen olarak üretim teknolojisine uygun karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan önemli bir yapı malzemesidir (Usta, 2005).

Beton, dünyada ve Türkiye’de oldukça fazla kullanılan bir yapı malzemesi olmasına rağmen, sebep olduğu yapısal atıklarla birçok çevre problemini de beraberinde getirmektedir. Dünyada toplam yapısal atıkların yaklaşık % 40’ını beton atıkları oluşturmaktadır (Köroğlu, 2008). Türkiye’de, her ne kadar bu konuyla ilgili istatistiksel bir veri olmasa da yapı üretiminde çok kullanılan, dolayısıyla en çok atık oluşturan malzemenin beton olduğu tahmin edilmektedir. Ergün, Ankara’da, yaptığı saha çalışmasında da en fazla atık oluşturan malzemelerin beton ve tuğla olduğunu belirtmiştir (Ergün, 1999). Atık betonların yeniden kullanılması veya geri dönüşümü bu atıkların çevreye verdiği zararları azaltacaktır. Bununla birlikte betonunun yaklaşık %55–%80’ini oluşturan agregaların tekrar kullanımı, doğal agrega kaynaklarının tüketimini ve bunların çevresel etkilerini de azaltacaktır. Eğer, her türlü bina inşaatının ve yol, köprü, baraj gibi geniş bir alanı kaplayan, inşaat sektörünün bir parçası olan beton ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesi olan agregalara alternatif agrega kaynakları bulunmazsa, 2010 yılından sonra beton endüstrisi dünyada her yıl 8–12 milyar ton doğal agrega tüketecektir. Dünya genelinde tüm maden üretimi içinde %58’lik payla birinci sırayı alan agreganı ortalama kişi başı kullanımı Avrupa’da yıllık 7 ton iken ülkemizde bu rakam 4 tondur (Köroğlu, 2008).

—Türkiye’de Beton Geri Dönüşümünün Önemi

İnşaat sektöründe yapısal atıkların çevreye verdiği zararların azaltılması için özellikle yapısal beton atıklarının beton agregası olarak tekrar kullanılması oldukça önemlidir. Ülkemizde kullanılan betonun %95’i hazır betondur. Hazır betonda kullanılan agregalarının %86’sının kırma taş, %14’ünün doğal kum olduğu ve bir kırma taş tesisinde yılda ortalama 400.000 ton, doğal kum tesisinde ise yılda ortalama 200.000 ton agrega üretildiği kabul edilmektedir. 2006 yılı itibariyle ülkemizde 650 kurulu kırma taş tesisi ve 120 kum tesisi olduğu düşünüldüğünde 770 noktada agrega üretildiği ortaya çıkmaktadır (Öztürk Ö., 2007). Ekonomik ömürlerini tamamlayan yapıların yıkılması ve deprem gibi doğal afetlerden dolayı oluşan moloz ve inşaat atıklarını özellikle büyük şehirlerde, şehir dışına taşımak önemli bir nakliye masrafı çıkaracaktır. Bu taşıma işlemi esnasında yakıt sarfiyatı, araçlardan çıkacak egzoz dumanıyla çevrenin kirlenmesi, yüklü araçların trafiğe ve yollara vereceği zararlar, iş ve zaman kaybı azımsanmayacak kadar çok olacaktır. Dolayısıyla ham maddelerin azalması, artan nakliye giderleri ve çevresel etkiler geri dönüşüm agregalarını kullanmayı zorunlu hale getirmiştir. Örneğin, İstanbul’da yıllık agrega tüketimi yaklaşık 100 milyon ton civarındadır. Agregaya kaynaklarının İstanbul’da inşaat, hazır beton ve asfalt operasyonlarına uzaklığı 50–75 km. arasındadır ve bu kaynaklar tükenmeye yüz tutmuştur. Bu kaynaklara alternatif ocakların inşaat, hazır beton ve asfalt operasyonlarına olan uzaklığı 100-150 km arasında değişmektedir (Öztürk Ö., 2007). Kamyonların ortalama 20 ton malzeme taşıdıkları ve yaklaşık 0,5 lt /km akaryakıt sarf ettikleri kabul edildiğinde bile, mevcut agrega kaynaklarının ve onların tükenmesiyle şehir merkezlerinden uzaklaşarak bulunan yeni agrega ocaklarının hem maliyetleri arttırdığı hem de çevreye zarar verdiği görülmektedir (Koroğlu, 2008). Ayrıca hazır beton üretiminde, önemli bir doğal kaynak olan su tüketimi de ciddi bir sorundur. Bu sistemde beton karma suyundan çok, transmikserin dışının taşımadan önce ve sonra, içinin ise günün sonunda yıkanması gerekliliğinden doğan su tüketimi önemli olmaktadır. Bu konuda “Environment Canada” örgütünün tahmini, bir araç için günlük su tüketimi 500 galondur (www.buildinggreen.com).

—**Betonun Geri Dönüşüm Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Beton Kullanımı**

Betonun geri dönüşümü ile elde edilecek agregalar farklı alanlarda çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Beton, en çok mekanik işlemler (ezerek farklı büyüklüklerde parçalar haline getirme) yapılarak yol, asfalt, nehir seti, yapımında agrega; temel inşaatlarında dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu, betonun en basit ve ekonomik geri dönüşüm yöntemidir.

Bunların yanında Japonya ve Hollanda gibi gelişmiş ülkeler başta olmak üzere geri dönüştürülmüş beton agregalar, yol döşeme bloğu, yapısal olmayan ve yapısal betonda da kullanılmaya çalışılmaktadır. Betonun geri dönüşüm işlemi için tüketilen enerji, beton üretimi için tüketilen ilk enerjiden % 5 daha fazla olmasına rağmen çevresel yararlar için bu uygulamalar yapılmaktadır (Gao et al., 2001).

Bu bölümde geri dönüştürülmüş betonların kullanım alanları mekanik işlemler uygulandıktan sonra kullanım alanları, kaldırım bloğu ve yeni beton üretimi olmak üzere üç başlık altında anlatılacaktır.

— **Mekanik işlemler uygulanmış geri dönüştürülmüş betonun kullanım alanları**

Aşağıda, geri dönüştürülmüş betona mekanik işlemler uygulandıktan sonra elde edilen farklı ebatlardaki agregaların kullanım alanları verilmiştir.

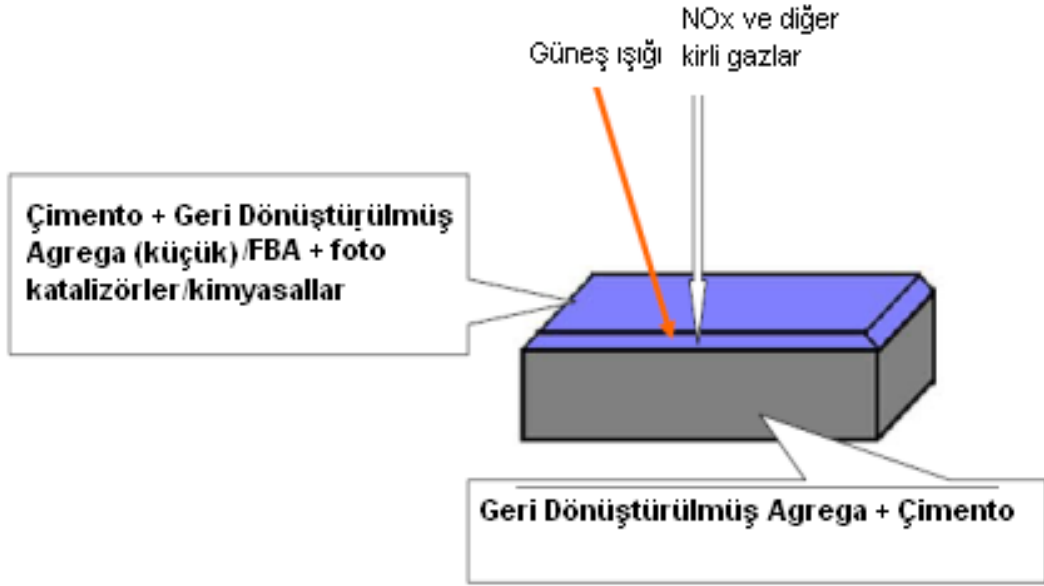
- 80–200 mm beton agregaları, dolgu malzemesi olarak hidrolik işlerinde,
- 0–80 mm beton agregaları, standartları yerine getirmek üzere sıra ile beton imalatında, yol inşaatlarında zemin malzemesi olarak, toprak dolgu malzemesi olarak ve sertleşmemiş zemin oluşturmak için park sahalarında
- Geri kazanılmış kum, çok az kullanılmaktadır. Çoğunlukla yol kaplamalarının altında ya da yol alt temel yapısında
 - 0–56 mm geri kazanılmış kum, zemin dolgusu olarak ve sertleşmemiş zemin oluşturmak için park sahalarında,
 - Asfalt agregaları, yollar ve park alanları kaplamalarında, yeni asfalt içinde kullanılmaktadır (Akıoğlu ve ark., 1996).

Avrupa Birliği genelinde, beton başta olmak üzere, tuğla, kiremit, seramik gibi kum-çakıla dönüştürölmeye müsait ürünlerden kum-çakıl ikincil agregaların üretimi yoğun olarak gerçekleştirilse de bu, ihtiyacının sadece %8'ini karşılamaktadır (European Comission, 2000). Bu oran, kum-çakıl tüketimi miktarı hakkında fikir verirken beton geri dönüşümünün önemini ve gerekliliğini vurgulamaktadır.

— Beton Blok Üretimi:

Hong Kong'da Polytechnic Üniversitesi'nde, 5mm – 10mm büyüklüğündeki beton, taş ve benzeri türden yapısal atıklar kullanılarak tuğla ve bloklar elde edilmiştir, bu çevre dostu teknoloji iki patent almıştır. Bu teknolojiye, beton tuğla ve kaldırım döşemesi üretimi için mekanize edilmiş kalıplar kullanılır. Metot, aynı zamanda, yeni kaldırım taşı yapımında, işlenmemiş sıfır malzeme kullanımına da uygundur. Bu metot kullanılarak, karıştırılmış malzemeler, aynı anda titreştiren ve sıkıştıran bir hareketle kalıplanırlar, dolayısıyla normal beton yapımındaki gerektiği gibi ayrıca bir karıştırmaya ihtiyaç duyulmaz. Kalıplama makinesindeki karışımı beslemek amacıyla akışkan hale getirmek için sadece çok az miktarda su yeterlidir.

Tuğla ve bloklara, basınç direnci, çapraz direnç, çekme–büzüşme, kayma ve diğer dayanıklılık özelliklerini kontrol eden bir dizi zorunlu test uygulanmıştır. Testlerin sonucunda, bu teknik kullanılarak elde edilen beton kaldırım taşlarının, sıfır malzeme ile elde edilenlerden hiçbir farkının olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu blokların içine atık uçucu küller, ocak kalıntısı küller, kömürün kükürdünü giderme işleminde açığa çıkan tortular, yakımı esnasında açığa çıkan kurumlar da eklenebilir. (Poon, 2002) Şekil 3.1 ve Resim 3.1'de bu blokların üretimi gösterilmekte Resim 3.2'de ise sıfır malzeme ile yapılan bloklar karşılaştırılmaktadır.



Şekil 3.1. Geri dönüştürülmüş agregadan kaldırım bloğu üretimi (Poon, 2002).



Resim 3.1. Geri dönüştürülmüş agregadan kaldırım bloğu üretimi (Poon, 2002).



Resim 3.2. Geri dönüştürülmüş agregadan üretilen kaldırım bloğu(pembe) ve sıfır malzemeden üretilen kaldırım bloğu (beyaz) karşılaştırılması. (Poon, 2002).

— Yeni Beton Üretimi:

Günümüzde, atık betonların yeni beton üretiminde kullanım olanağı konusunda birçok araştırma ve deney yapılmaktadır. Bu atıklarından elde edilen agregalar yeni beton yapımında kullanılmak istendiğinde, öncelikle beton üretiminde kullanılan agregaların özelliklerinin irdelenmesi ve beton üretimi için gerekli kısıtlara uyulması gerekir. Çünkü betonun birçok önemli özelliği, betonun üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine geniş ölçüde bağlıdır. Diğer bir deyişle beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega karakteristiklerinin şartlarını yerine getirmesi ile mümkündür.

Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm' yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm' yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır (TSE 706, 1980). Agregaların beton içerisinde rolünün çok büyük olması sebebi ile betonda kullanılacak agregaların yapısı, granülometrisi (tane dağılımı),

sertliği betonu direk olarak etkilemektedir (Usta, 2005). Beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalı ve suyun etkisi altında yumuşayarak dağılmamalıdır. Çimento ile beklenen bir biçimde reaksiyona girmeli ve bu reaksiyonu engelleyecek veya yavaşlatacak yabancı maddeler içermemelidir. Agregası, kullanım yeri ve amacına göre; granülometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır (Köroğlu, 2008).

Usta (2005) 'ya göre agregalarda aranan en önemli özellikler ise şunlardır:

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür gibi)
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir (Usta, 2005).

Şekil 3.2'de beton dayanım ve dayanıklılığını etkileyen agrega büyüklükleri ve etkileme şekilleri verilmiştir (Akıoğlu ve ark.,1996).

Daha sonra geri dönüşüm agregalarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini denemek için üç farklı beton karışım hesabı yapılmıştır. 300 dozlu kırma taş agregadan üretilen beton karışımına % 0, % 50 ve % 100 oranında geri dönüşüm agregası katılarak üretilen beton numuneleri denenmiştir. Deneyler için hazırlanan bütün betonlar TS EN 197-1' e göre üretilmiş kullanılan diğer malzemeler olan çimento ve su miktarlarında herhangi bir değişiklik yapılmadan her grupta aynı oranda kullanılmıştır ve herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmamıştır.

Tablo 3.2. 7 günlük ve 28 günlük beton silindir basınç ve çekme dayanım sonuçları(Köroğlu, 2008).

	7 Günlük Silindir Basınç Mukavemeti (Mpa)	28 Günlük Silindir Basınç Mukavemeti (Mpa)	28 Günlük Yarmada Çekme Mukavemeti (Mpa)
% 100 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	7,9	11,2	2,11
% 50 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	11,4	15,3	2,59
% 0 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	14,6	19,8	3,17

Bu deney sonucunda, 28 günlük beton basınç mukavemet değeri 10 MPa olan betonların öğütülmesiyle elde edilen geri dönüşüm agregalarının kalitesinin düşük olduğu, beton mukavemetini de düşürdüğü gözlenmiştir. Yine de bu agregaların, bu halleriyle taşıyıcı olmayan betonlarda rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Diğer taraftan, beton üretiminde değişik karışım oranları ve kimyasal katkı maddesi kullanılmadığı halde tamamen geri dönüşüm agregalarından üretilen betonda 11,2 MPa' lık 28 günlük beton basınç mukavemeti elde edilmiştir. Daha yüksek dozajlı, su/çimento oranı daha düşük, farklı gradasyon eğrilerine sahip agregalar denenerek ve kimyasal katkı maddeleri kullanarak betonun mukavemeti artırılabilceği, taşıyıcı beton üretiminde düşük dayanımlı betondan elde edilen agregaların deneyler yapılarak sağlanabileceği belirtilmiştir (Köroğlu, 2008).

Geri dönüşüm agregalarının her boyutta, içlerindeki çimentodan ötürü normal agregaya göre birim ağırlığının %3-10 oranında daha düşük, özellikle ince agregalı(0-2 mm) geri dönüşüm agregalarının 3-5 kat daha fazla su emme kapasitesine sahip

olduğu, bu sebepten basınç dayanımlarının normal betona kıyasla %20 veya bazen daha fazla oranda düşme gösterdiği belirlenmiştir. Eski beton agregaları ile üretilen betonların taze birim ağırlıklarının normal betonun %85-95'i kadar ve 2020-2210 kg/m³ değerleri arasında, hava içeriğinin normal betonunkinden %0.6 daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Koroğlu, 2008),(Ajdukiewicz and Kliszczewicz , 2002), (Limbachiya et al., 2004), (Nixon, 1978), (Mukai, 1979), (Hansen and Narud, 1983). Bu sebeplerden dolayı, beton yapılarındaki çeşitlilik artışı ve standartların dışına çıkışın önüne geçmek için bu agregalar kullanılmadan önce kullanılacakları yapılarıdaki yoğunluk ve emme kuvveti detaylı incelenmelidir.

Uçucu külün atık beton agregasıyla elde edilen betonlarda su gereksinimini azaltmak ve işlenebilirliği arttırmak amaçlı olarak kullanılabileceği tespit etmiştir. Geri dönüştürülmüş atık betonlarda, %10–20 oranlarında katkı maddesi olarak kullanılacak olan uçucu külün, karışıma katıldığında yapısal beton performansına ulaşıldığı gözlenmiştir (Kılıç (İ.) ve ark., 2007). Özellikleri yapısal betonda kullanıma müsaade etmeyen ince geri dönüştürülmüş agrega yerine, doğal agrega kullanılarak sorun ortadan kaldırılabilir (Hansen and Narud, 1983). Gutiérrez ve Juan (2004)'ın belirttiğine göre geri dönüştürülmüş agregalardan İspanyolların Strüktür Betonu Standartları'na (EHE) uygun beton yapabilmek için geri dönüştürülmüş agregaların yüksek su emme özellikleri sorunu sebebiyle, %20 'ye kadar doğal agrega ile karıştırılarak kullanılması gerekmektedir.

Bunun yanında, Hansen ve Narud (1983)'a göre, eğer kullanılan atık agreganın elde edildiği beton kaliteli ve su/çimento oranı iyi ayarlanmış ise doğal agregalarla üretilen betonların basınç dayanım değerlerine ulaşmak hatta o değerleri de aşmak mümkün olabilmektedir. Bu, atık beton agregası kullanılmadan önce diğer malzemelerden dikkatlice temizlenmesini gerektirmektedir.

İşlenebilirlik taze betonda aranan en önemli özellik olarak bilinmektedir. Betonyerden çıkan taze betonun taşınma ve kalıba yerleştirilmesi sırasında homojenliğini kaybetmemesi, kalıplar içinde kolaylıkla yayılarak mümkün olduğu kadar az boşluk bırakacak şekilde doldurma özelliklerinin hepsine birden betonun işlenebilme özelliği denilmektedir. Taze betonun kıvamı, yalnız ilave edilen su miktarının fonksiyonu olarak değil aynı zamanda belirli bir kıvamın elde edilmesi

için su ihtiyacını tayin eden agreganın tane şekli ve granülometrisinin de bir fonksiyonudur (Postacıoğlu, 1975). Topçu ve Sengel (2004) yaptıkları çalışma sonucunda, beton üretiminde atık beton agregası kullanımının islenebilirlik sorununu arttırdığını, özellikle % 50'den daha fazla oranda atık beton agregası kullanılması durumunda islenebilirlik sorununun daha da arttığını belirlemişlerdir. Köroğlu (2008)' e göre işlenebilirliği arttırmak için geri dönüşüm agregalarının betondaki kullanım oranına göre akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddeleri kullanılmalıdır.

Günçan (1995)'in taze betonlar üzerinde yaptığı çökme deneyleri, beton karışımında eski beton kırığı agrega oranının artmasıyla çökmenin azaldığını göstermiştir. Aynı su/çimento oranlarına sahip karışımlar için normal betonda 100 mm olarak ölçtüğü çökme değerini, %100 eski beton kırığı agregalı beton için 75 mm düzeyinde ölçmüştür. Mukai ve arkadaşları (1978), atık beton kaba agregası ve doğal kum kullanarak yaptıkları beton deneylerinin sonucunda, böyle karışımlarda aynı çökme değerlerini yakalayabilmek için yaklaşık 10 l/m³ veya %5 daha fazla su kullanılması gerektiğini belirlemişlerdir. Bundan başka eğer karışım hem kaba hem de ince atık beton agregası içermekteyse bu değerlerin 25 l/m³ veya %15 olması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Bütün bu araştırma sonuçları gösteriyor ki geri dönüştürülmüş agregaların strüktürel betona katılmak için bazı özellikleri sistematik bir şekilde doğal agreganınkinden düşüktür. Karakterini güçlendirmek için geri dönüştürülmüş agreganın doğal agrega ile kısıtlı oranda kullanılması ve gerektiğinde bazı katkı maddeleri (uçucu kül, kimyasal katkı maddeleri gibi) eklenmesi gerekir. Geri dönüştürülmüş agregalar her ne kadar pratik ve ekonomik olmasa da adımların iyi incelenmesi sonucu kullanılmaları çevresel ve ekonomik faydalara sebep olacaktır. Ayrıca sadece ülkemizde en az 770 noktada kişi başı 4 tonluk agrega tüketimiyle doğal dengenin değiştirildiği göz önüne alındığında, alternatif agrega kaynaklarına yönelmenin kaçınılmaz olduğu aşikardır.

3.1.2. Plastik Malzeme

Plastik, ısı ve basınç etkisiyle biçim verilen, organik veya sentetik olarak yapılan maddedir (tdk.gov.tr). Aynı zamanda karbonun hidrojen, oksijen, azot ve diğer organik ya da inorganik elementler ile oluşturduğu monomer adı verilen, basit yapıdaki molekülü gruplardaki bağın koparılarak, polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelere verilen isimdir (wikipedia.org). Örneğin; etilen bir monomerdur, bu monomerdan oluşturulan polimer olan polietilen ise polimerdir. En çok kullanılan plastiklerin başında gelir (Öztürk, 2005-b)

Tanımdan anlaşılacağı üzere plastikler doğada hazır bulunmaz, doğadaki elementlerin belli bir sıcaklık ve basınç altında, katalizör kullanılarak monomerlerin reaksiyona sokulması ile oluşturulur. Plastik ilk üretildiğinde toz, reçine veya granül halde olabilir. Genelde plastikler petrol rafinerilerinde kullanılan ham petrolün işlenmesi sonucu arta kalan malzemelerden elde edilir (Öztürk, 2005-b).

Plastikler, günümüzde bütün dünyada demir, ahşap, cam yerine alternatif malzeme olarak kullanılmakta ve her gün yeni uygulamalara imkan sağlamaktadır. Gerek ekonomiklik, gerekse kolay uygulanabilirlik plastiğin diğer maddelere göre tüketimini artırmakta ve plastik tüketiminin fazlalığı ülkelerin gelişmişliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Dünyada, yılda 80 milyon ton plastik ürünleri kullanılmaktadır. Türkiye’de ise, 2002 yılından bu yana, plastik tüketiminin büyük bir hızla arttığını ve 2005 yılında, 3,75 milyon tona ulaştığı bilinmektedir (Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu, 2006). Bu haliyle, ülkemiz, 2005 yılında plastik işleme kapasitesinde Avrupa ülkeleri içinde İspanya’dan sonra 6. sıradadır.

Bununla birlikte, Türk plastik sektörünün hammaddede % 80 oranında dışa bağımlılığı ve hammaddenin toplam maliyet içinde % 70 gibi önemli bir pay alması, maliyetlerin petrol fiyatlarına ve döviz kurlarına karşı çok hassas olduğunu göstermektedir. 2005 yılında üretilen hammaddenin % 26’sı ihraç edilmiş ancak yurtiçi hammadde ihtiyacının % 88’i ithalatla karşılanmıştır. Plastik hammadde

ihracatının ithalatı karşılama oranı % 5 dir (Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu, 2006).

Plastik malzemelerde yapılarda pek çok değişik şekillerde kullanılmaktadır. Plastik;

- Beton işlerinde kullanılan PVC plastik dilatasyon malzemeleri
- Polivinil Klorür (PVC) yer döşemeleri
- Isı-ses yalıtım malzemeleri
- Sert PVC kanalizasyon boru ve boru ekleme parçaları
- Kabuk ve plak elemanları
- Profil elemanları
- Koruyucu ince kaplamalar
- Yapıştırıcı yalıtım ve katkı malzemeleri
- Örtü ve dokuma elemanları olarak karşımıza çıkar.

— Plastik Malzemenin Geri Dönüşümünün Önemi:

Günümüzde her alanda çok kullanılan malzeme türü olan plastikten elde edilen yapı malzemeleri hammaddesinin kolay elde edilmediği, tükenbilir kaynakların kullanıldığı, üretilirken çok fazla enerji tüketen bu sırada çevre ve insan sağlığına zarar veren, geri dönüştürülemeyen ve gelende kendisi de geri dönüştürülmüş içerikli olmayan malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu malzemeler, her ne kadar performansları, dayanım özellikleri yüksek, bakım-onarım-taşınmalarının kolay, yeniden kullanılabilir, çok fazla su tüketmeyen malzemeler olsa da iç hava kalitesi ve insan sağlığına verdiği zararların fazla olması nedeniyle ekolojik açıdan çok fazla olumsuz özellik taşıyan malzemeler konumuna düşmektedirler.

Onat (2004) 'ın yaptığı çalışmada, tüm yapı malzemeleri ekolojik açıdan karşılaştırmış ve değerlendirme yapılan malzemeler arasında ekolojik özelliği en az olan yani, çevre üzerinde etkisi en fazla olan malzeme PVC, PVC'den sonra plastik esaslı su yalıtım malzemesi olduğunu görmüştür.

Şu anki durumda, plastik malzemelerin kullanılması çevre ve insan sağlığına yüksek oranda zararlar vermesine rağmen bazı alanlardaki performansları ile yeri

doldurulamaz bu malzemeyi, Almanya’da olduğu gibi, geri dönüşümü yapılan ve geri dönüştürülmüş içerikli olan, bu sayede enerjini korunduğu, ihtiyaç duyduğu her türlü gazı zararlı etkilerinin az olanlarından seçerek atmosfere atılan sera gazı karbon dioksit miktarında da önemli düşüslere neden olup şimdi olduğundan daha ekolojik hale getirebilir.

Türkiye’de birçok plastik türü geri dönüştürülememektedir, fakat geri dönüşüm sırasında içlerinde PVC bulunması işlemi imkansız hale getirebilir. PVC’nin ancak çok ufak bir kısmı gerçekten geri dönüşebilir. Bunun nedeni PVC ürünlerinin çok fazla ek madde içermesi ve bu maddelerin geri dönüştürülme işlemini zor ve pahalı kılmasıdır. Geri dönüşüm sırasında ortaya çıkan dioksinler, sorunu iyice büyötmektedir. PVC geri dönüşüm oranı en düşük malzemedir ve tüketilen miktarının ancak %0,6 ‘sı geri dönüştürölmektedir. Türkiye’de PS (polistren)’ler de geri dönüştürölmeyip katı atık olarak atılmaktadır (Onat, 2004). ÇEVKO, 2004 verilerine göre Ülkemizde 150–200 bin ton civarında atık plastik geri kazanılmaktadır.

—Plastik Malzemenin Geri Dönüşüm Teknolojisi:

Polietelen (PE), polipropilen (PP), polistren (PS) ve polivinilklorür (PVC), diğer atıklardan ayır toplanmışlarsa ve temizseler, geri dönüştürölebilirler. Eğer diğer plastik veya kirleticilerle karışmış durumdaysalar, geri dönüşümleri zordur. Eski plastiklerin özelliklerinin bozulmalarından dolayı yüksek seviyede geri dönüşüm olanağı, sınırlıdır. Geri dönüştürölerken yeni plastik oluşturmaları için, karışıma sıfır malzeme de eklenmelidir. Hollanda’da, geri dönüştürölmüş plastik yeni plastik üretiminde kullanılırken, yeterli UV dayanıklılığını sağlamak için %70 oranında geri dönüştürölmüş malzeme, %30 oranında sıfır malzeme kullanılmaktadır (Hendriks and Pietersen, 2000). Gelecekte, bu oranı %80–90 oranına çıkarmanın mümkün olabileceğı belirtilmiştir.

Coventry’ e göre (1999): Plastiğın geri dönüşümü söz konusu olduğu zaman bazı belli başlı prensiplere uymak gerekmektedir. Örneğın geri dönüşümüne 1992’de başlanan şeffaf PVC çatı panelinden elde edilen geri dönüştürölmüş malzeme, kirlilik ve donatısından dolayı, yeni çatı elemanlarından daha düşük kalitededir, bu nedenler

sadece daha düşük amaçlar için görünmeyen kısımlarda kullanılabilir. Panel, kriyojenik (ısı düşüklüğü sebebiyle meydana gelen, aynı zamanda düşük ısı elde etmekte yararlanılan aygıtların nitelendirilmesinde de bu deyim kullanılır.) öğütme ile toza dönüştürülür. Toz, daha sonra, yumuşatıcı ile sonra da yeni panel üretimi için başka malzemelerle karıştırılır (Hendriks and Pietersen, 2000).

Plastik malzemeyi geri dönüştürmek için kullanılan diğer yöntemler Tablo 3.1’de gösterildiği gibi kırmak ve yakıp kül haline getirmektir. Kıрма işleminde öncelikle plastik atıklar bir bant üzerinde taşınırken manyetik bir sistemden geçirilerek plastik olmayan maddelerden ayrılır. Daha sonra yüzdürme tankına konarak yıkanır, kurutulur ve kıрма makinelerinde parçalanır. Kırılan plastik parçalar aglomer makineleri denen aletlerde granül hale sokulur. Aglomer makineleri plastik film atıklarının geri dönüştürülmesi için kullanılır. Kazan içinde bulunan ve yüksek hızda dönen bıçaklar plastik filmi yüksek sıcaklıkta ısıtarak parçalar. Daha sonra az miktarda su ile şoklanan plastik, yeniden kullanılabilir granül hale gelir. Geri kazanılan plastik tekrar ekstrüzyon veya diğer yollardan işlenerek plastik üretimine kazandırılmış olur (Ay, 2007).

Atık plastikleri yakıp, çıkan enerjilerinden faydalanma işleminde, açığa çıkan gazların insan ve çevre sağlığına zararlı olabilir, işin ehli kişilerce, uygun tesislerde yapılmalıdır.

—Plastik Malzemenin Yeniden Kullanımı:

Almanya’da PVC, %50’nin üzerinde geri kazanılmaktadır. Geri kazanılan bu plastikler özellikle pencere, kanalizasyon borusu, çatı örtüsü, zemin örtüsü, araç yedek parçası ve paketleme amacı ile kullanılmaktadır. PVC pencere malzemelerin geri kazanılması miktarının çok oluşu açısından önemlidir. Almanya’da yılda 450.000 adet PVC pencere geri kazanılmaktadır. Bu plastikler orijinal plastiklere ilave edilerek yeni çerçeveler üretilebilmektedir. Benzer şekilde zemin örtü malzemeleri geri kazanılmaktadır. Bu malzeme %98 oranında tekrar üretimde kullanılabilir.

Geri kazanılmış PVC'lerden kanalizasyon borusu, çit, geri kazanma konteynırları, yol plakaları, merdiven parmaklığı, marley, kiremit, trafik işaretleri, kar fırtınası deflektörü, piknik masaları ve banklar gibi malzemeler üretilmektedir (Öztürk, 2005-b).

Plastik, geri dönüştürülmüş plastikten yararlanmak amacıyla özel olarak tasarlanmış ürünler için de geri dönüştürülüp kullanılmaktadır. Bunlar sokak mobilyası, zemin ve çatı kaplaması, temel kazığı, PVC pencere, gürültü bariyeri, kablo tüpü ve borusu, panel, kaplama ve yalıtım köpüğüdür.

Teknoloji, gelişmesini sürdürürken, bina malzemelerinin gücünün, sağlamlık ve dayanıklılığının artmasına ve görünümünün gelişmesine olanak verecektir. Bunu gerçekleştirmek için, plastik kereste ve asfalt, betonda kullanılmak üzere çok yönlü ürünler geliştirilmektedir. Plastik, bunlardan başka, daha fazla ve farklı yapı uygulamalarında kullanılmak üzere faydalı olabilir. Hacminden dolayı, vakit ve finansal kısıtlaması, plastik bileşenlerin geri dönüşümü drenaj ve asfalt doldurmak için kısıtlanmıştır (Sustainable Construction, 1994).

Japonya'da, atık plastikler, yüksek ısıda yakıldıktan sonra çok küçük partiküller haline getirilip yapay toprak olarak da kullanılmaktadır (Tam and Tam, 2006). Resim 3.3, 4, 5, 6'da geri dönüştürülmüş plastikten üretilmiş bazı ürünlere yer verilmiştir.



Resim 3.1. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen bank, [www. itsrecycled.com](http://www.itsrecycled.com).



Resim 3.2. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen mobilya, [www. itsrecycled.com](http://www.itsrecycled.com).



Resim 3.3. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen yalıtım malzemesi, [www. itsrecycled.com](http://www.itsrecycled.com).



Resim 3.4. Geri dönüştürülmüş plastikten üretilen pano, [www. itsrecycled.com](http://www.itsrecycled.com).

3.1.3. Cam Malzeme

Cam, yer kabuğunda bolca bulunan silika(kum), soda külü ve kireç, feldispat ve iz elementlerinden üretilir. Bu hammaddelerden silika çok önemlidir ve temin edilmesi aslında sınırsızdır. Soda külü, tuz kullanımı ile kimyasal olarak üretilebilir ve doğal olarak mineral oluşumu ile bulunabilir. Kireç ise bolca bulunabilen bir madendir (Bursa Çevre Merkezi, 2006). Ülkemizin bu kaynaklar açısından zengin olması nedeniyle, Türk cam sanayi %98 oranında yerli hammadde kullanmaktadır(Yılmaz, 2006).

Cam yapımı için kullanılan bu hammaddeler bir silo içinde karıştırılır ve büyük ocaklar içinde 26000 F 'de eritilir. Eritilen cam, 20000 F 'ye soğutulur ve üretilmek istenen camın tipine bağlı olarak şişirme, baskı veya çizim yolu ile şekillendirilir. Cam şişe üretimi için gerekli olan enerji, ısı ile sağlanmaktadır (Bursa Çevre Merkezi, 2006).

Dünya cam üretimi, 2000 yılı itibariyle yaklaşık 108 milyon ton düzeyindedir. Bunun %53'ü cam ambalaj, %29'u düz cam, %5'i cam ev eşyası, %2'si cam lifi ve %11'i de diğer ürünlere aittir. 2003 yılında 1,838 milyon ton cam üreten Türkiye'nin, dünya cam üretiminde aldığı pay % 1,5 civarındadır. Avrupa üretiminin ise % 5'ini yapmaktadır. Türk cam sanayii gerek ülke imalat sanayii ölçeğinde, gerekse dünya cam sanayi esas alındığında gelişmiş bir sanayi dalıdır (Yılmaz, 2006).

Çok yönlü bir malzeme olan cam, şeffaflığı, şeklinin bozulmaması, koku ve tat vermemesi nedeniyle birçok yerde kullanılmaktadır. Cam sanayii, inşaat, otomotiv, meşrubat, gıda, beyaz eşya, mobilya, eczacılık, elektrik-elektronik vb. birçok sektöre girdi veren önemli bir sektördür. Cam endüstrisi camı; düz cam, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam lifleri (cam yünü gibi), cam mozaik, emniyet camları, çift cam ve diğer camlar olarak üretmektedir (Yılmaz, 2006). En fazla yapılarda kullanılan cam, pencere, kapı, raf, cephe elemanı ve cam lifi olarak kullanılmaktadır.

—Camın Geri Dönüşümünün Önemi:

Cam üretiminde eski camlar kullanıldığında, yeni malzemeler kullanıldığı duruma göre, hava kirliliğinde %20, maden atığında %80, su tüketiminde %50 azalmaya sebep olur (Bursa Çevre Merkezi, 2006).

Plastik ve kağıdın aksine, camlar sınırsız olarak yeniden değerlendirilebilmektedir. Teorik olarak cam ürünler kalite kaybı olmadan %100 olarak eski camdan imal edilebilir. Kırılmış cam malzemeleri diğer hammadde ile eriterek geri kazanılır. Ocağa ne kadar kullanılmış cam ilave edilirse o oranda daha az ısı gerekir. Bunun nedeni geri kazanılan camın, kum, soda külü ve kireçten daha düşük sıcaklıkta erimesidir. Eritme ocağında tamamı kullanılmış cam ürünler eritildiğinde, enerji tüketimi %25 oranında azalmaktadır. Aynı zamanda eski cam

kullanımı ile düşük erime noktasında aktif olan soda tüketimi 2/3'den daha fazla oranda azalmaktadır (Bursa Çevre Merkezi, 2006).

—Camın Geri Dönüşüm Teknolojileri

Kırılmış camların homojenliğini bozan malzemelerden ayrılabilmesi için mekanik ayırma ve lazer ışığıyla ayırma yöntemleri kullanılmaktadır.

a) Mekanik ayırma

Cam atıkların diğer evsel atıklardan ayrılması için bazı mekanik metotlar geliştirilmiştir. En çok kullanılan iki metot: Yüzdürmebatırma (floatsink method) ve köpük flotasyonu (froth flotation method) 'dur.

Yüzdürme batırma (floatsink) metodu: İçinde orta yoğunlukta bir sıvı bulunan tankta, hafif malzemelerin üstte kalması ve ağır olanların ise batması esasına dayanır. Bu proses, farklı yoğunluktaki sıvıların kullanımı ile adımlar halinde tamamlanır. Sonuçta, cam diğer atıklardan tamamen ayrıldığında geri kazanım prosesleri için hazır durumdadır.

Köpük flotasyonu (froth flotation) metodu: Köpük flotasyonu, yüzdürme batırma metoduna göre daha verimlidir. %95 ten daha fazla cam saflığı sağlar. Maliyet olarak daha fazladır. Bu metot, cam yüzeyine yapışan bir orta organik maddenin kullanımı ile katıları yüzey özelliklerine göre ayırma esasına dayanır.

Bu metotlar iyi bir atık ayrımı sağlar. Fakat günümüzde cam geri kazanımında karşılaşılan en büyük problem, cam atıkların renklerine göre ayrılmasıdır. Bunun için lazer ışığıyla ayırma metotları kullanılmaktadır (Bursa Çevre Merkezi, 2006).

b) Lazer ışığıyla ayırma

Hazırlama tesislerinde kullanılmış cam ürünler, tek renk ve diğer yabancı maddelerden ayrılmış cam granülü haline gelir.

- Öncelikli olarak yabancı maddeler elle ayrılır.
- Camlar 5 ile 60 mm büyüklüğündeki parçalara kırılır.

- Daha sonra teneke kapaklar magnetik seperatörle ve alüminyum kapaklarsa girdaplı seperatörle ayrılır.

Son yıllarda cam hazırlama tesislerinde, seramik, taş ve porselenlerin giderilmesi ve parçaların renk ayrımında, optoelektronik sistem bazlı otomatik işlemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu işlemde, cam parçaların geçebileceği ve seramik, taş, porselen ve metal gibi diğer maddelerin kaldığı ve böylece malzemelerin ayrılmasını sağlayan bir ışık bariyerden geçirilir. Parçaların daha aşağıdaki bir taşıyıcı banta düşmesiyle, basınçlı hava ile diğer yabancı maddeler dışarıya verilir. İkinci ışık bariyerinde, yeşil parçaları ve beyaz cam parçaları ayrılır. Buradaki ayırma kriteri, cam renklerine ait olan farklı ışık spektrumlarıdır. Renklerine göre ayrılan cam parçaları, eritilip şekillendirilerek yeni cam ürünler elde edilir (Bursa Çevre Merkezi, 2006).

—Geri Dönüştürülmüş Camın Kullanım Alanları

Cam, yapı endüstrisinde birkaç alanda yeniden kullanılabilir:

- a) Pencere: Eğer yıkım aşamasında dikkat edilirse, penceredeki cam parçalar, ne kadar dikkatli çıkarıldığı, depolandığı, taşındığı ve temiz tutulduğuna bağlı olarak tekrar başka pencerelerde kullanılabilir.
- b) Cam elyafı: malzeme özelliklerinin artışına göre, cam, ısı ve akustik yalıtımda, çimento, alçı veya yapışkanlarla karışmış olarak cam elyafı yapımında kullanılabilir (Coventry, 1999). Japon uygulamaları, geri dönüştürülmüş camı, cam yünü rulosu içeren yalıtım malzemesi, boru kaplaması ve ısı yalıtımı malzemesi, endüstriyel ve ticari binalarda iç kaplama ve akustik levhası, otomobiller için cam yünü levhası ve rulosu olarak kullanmaktadır (Resim 3.11).
- c) Dolgu malzemesi: Büyük Britanya ‘da, cam, betonun dayanıklılığını arttırmak amacıyla “ConGlassCrete” denen ince agrega olarak kullanılma uygulamaları geliştirilmiştir.
- d) Seramik: ABD’de cam %100 oranında seramiğe dönüştürülerek kullanılmaktadır. Cilalandıktan sonra, alımlı ve yansıtıcı bir görüntüye sahip olmaktadır (Resim 3.7, 8).
- e) Yol döşeme bloğu: ABD’de geri dönüştürülmüş camların kırılmasıyla üretilir. Hong Kong da bu geri dönüşüm teknolojisini (i) cilalandıktan sonra alımlı ve

yansıtıcı bir görüntüye sahip olmak için, (ii) beton blokların su emmelerini azaltmak için, (iii) iyi basınç kuvveti sağlamak için kullanılmaktadır. Bunlara rağmen, geri dönüştürülmüş agreganın dayanıksızlığı, keskinliği, alkali-silika reaksiyonun genleşme problemlerine çözüm bulunmalıdır. Geri dönüştürülmüş camdan oluşturulan yol döşeme bloğunun kalitesini arttırmak amacıyla, toz haline getirilmiş uçucu küllerin alkali-silika reaksiyonun azaltması için eklenmesi ve saflığı bozan maddelerin azaltılması gerekir (Resim 3.10).

f) Yol yapımında asfalt: eski camlar, asfalt yapımında kullanılmak üzere çok ince parçalara kırılması gerekir. Tayvan, %15 oranında geri dönüştürülmüş camı, asfalt yapımında kullanmıştır.

g) Yol yapım agregası: Kırılmış camlar, bitümlü beton kaldırım yapımında agrega olarak kullanılmak üzere geliştirilmiş, ABD’de test edilmiş ve ‘glassphalt’ ismiyle popüler olarak tanınmıştır (Coventry, 1999) (Resim 3.9).

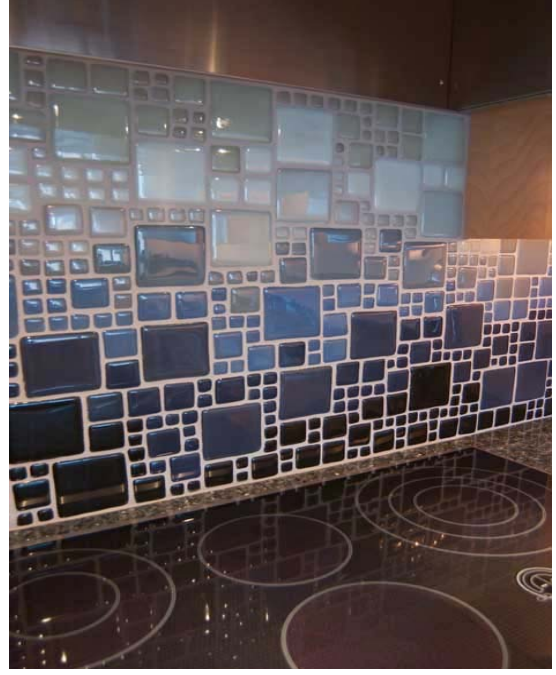
h) Beton agregası: İsveç’te, betonun içinde kullanılmak üzere, ana içeriği cam olan alıılmışın dışında, ince agrega geliştirilmiştir. Beton veya asfalt üretiminde camın ikincil agrega olarak hazır bulunması, sonuç ürünün gücünün azalmasına sebep olabilir (Hendriks and Pietersen, 2000). ‘Microfiller’, cam malzemenin ayırma ve yıkama ile yapılan arındırma basamaklarını içeren endüstriyel bir üretimin sonucudur. Cam, daha sonra, kurutulur, parçalanır ve istenen teknik özellik ve yapılacak uygulama doğrultusunda, agrega ile çimentoya katılmak üzere uygun boyuta getirilmek üzere serilir. Ürün, diğer malzemelerle birlikte beton oluşturmak üzere eklenip karıştırılır ve puzolanik malzeme gibi davranır. ‘Microfiller’ e ilave edilen şeyler hem yeni yapılmış hem de donmuş durumlarda betonun özelliklerini artırır.

i) İnsan yapımı toprak: Japonya’da, atık camlar, yüksek ısıda çok küçük partiküller haline getirilip yapay toprak olarak kullanılmaktadır (Tam and Tam, 2006).

İngiltere’de, 1997’de 425,000 ton cam geri dönüştürülmüştür (Coventry, 1999). Buna rağmen, İngiltere’de geri dönüşüm oranı, diğer bazı ülkelere göre oldukça düşüktür (%1). ABD, Japonya ve Almanya’da sırasıyla %20, %78 ve %80’dir. Cam şişelerin Türkiye genelinde kazanılma oranı %36’dır ve 6570 bin ton atık cam tekrar işlenerek geri kazanılmaktadır.



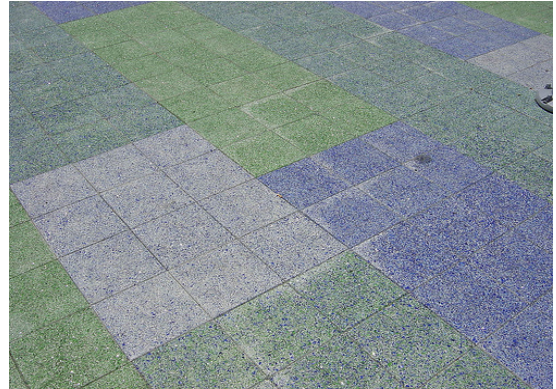
Resim 3.5. Geri dönüştürülmüş camdan elde edilmiş seramik, www.interiordesign.com.



Resim 3.6. Geri dönüştürülmüş camdan elde edilmiş cam tuğla ve kaplama www.keetsa.com.



Resim 3.7. Glasspalth örneği, www.flickr.com.



Resim 3.8. Agregasına geri dönüştürülmüş cam eklenmiş kaldırım taşı, www.flickr.com.



Resim 3.9. Cam elyafı www.petrochem.co.ae.

3.1.4. Ahşap Malzeme

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması, beton ve çeliğe oranla çok eskidir. Önceleri, deneyime dayalı olan uygulama, mühendislik bilimlerindeki ilerlemelere paralel gelişen yapı tekniğiyle bilimsel olarak yapılanmaya başlamıştır. Daha sonra, ahşap yapıda kullanılan birleşim araçlarının da, aynı şekilde, modern teknolojiye göre araştırılıp yönetmeliklerde yer almaları ahşap yapının yaygınlaşmasına yardım etmiştir. Hafif olması, farklı iklim koşullarına dayanıklı olması, özel boyalarla artırılan yangın direnci, emprenye edilerek çürüme ve böcek tahribatına karşı korunması, yapı söküldüğünde yeniden kurulabilmesi, onarım ve plan değişikliğinin kolay olması, enerji dostu ve depreme dayanıklı olması, çelik, beton, taş ve kerpiçle mükemmel bir uyum içerisinde kullanılabilmesi gibi özellikler ahşap malzemenin tüm ekolojik tasarım kriterleri ile uyduğunu göstermektedir (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Orman ürünleri endüstri sektörü; faaliyet konularına göre ahşabı: kereste, yonga levha, lif levha, kaplama, kontrplak, mobilya ve kağıt ana başlıklarında büyük ölçekli sanayi kolları oluşmaktadır. İşlenmemiş halde yakacak odun dışında kullanım alanı sınırlıdır. Günümüzde 6000'den fazla kullanım alanı olması sebebiyle, malzeme olarak önemli bir yere sahiptir (Gavcar ve ark,1996). Doğal ve organik bir yapı malzemesi olan ahşap, yapı üretiminde; geçit ve köprülerde, iskelelerde, temellerde (temel kazığı ve palplanş), binaların taşıyıcı sistem kurgusunda (kütük, çerçeve ve panel), büyük açıklıklı yapılarda, çatı, duvar, döşeme ve merdiven kaplamalarında, kapı ve pencere doğramalarında, kalıp ve iskelelerde, mobilya vb. ürünlerin üretiminde kullanılan bir yapı malzemesidir (www.insaatforum.com).

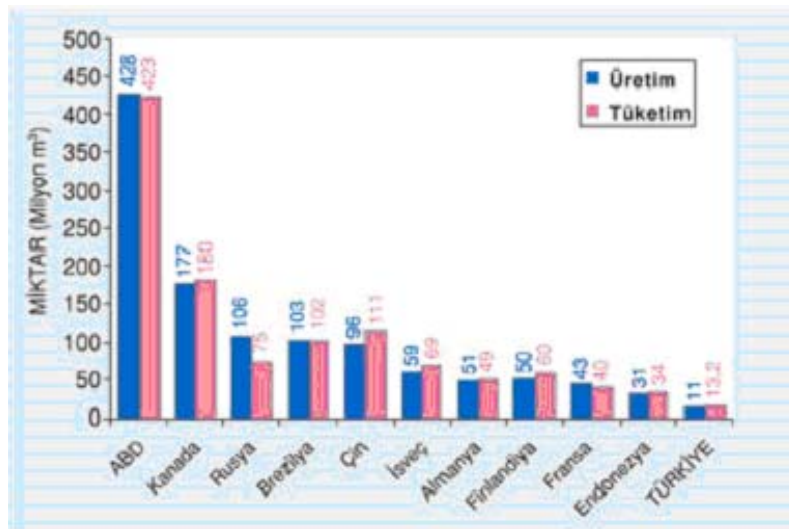
Ahşap yapıların taşıyıcı sistem elemanları yük aktarımı açısından genel olarak çatı taşıyıcı elemanları, döşeme-kiriş elemanları, merdivenler, duvarlardaki taşıyıcı elemanlar ve temeller şeklinde sınıflandırılabilir.

Ahşap yapılarda özellikle geleneksel olarak inşa edilenlerde bölgenin koşullarına ve ustaların bilgi-becerilerine bağlı olarak çok farklı taşıyıcı sistemler

uygulanmıştır. Dolayısıyla bunları mimari ve taşıyıcılık açısından farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür (Doğangün ve ark., 2005).

Ahşap yapım sistemleri, yığma sistem, karkas sistem, panel sistem ve tutkallı tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulan sistemler olmak üzere dört grup altında incelenmektedir (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Endüstriyel odun üretimi en fazla olan ülkelerin başında 428 milyon metreküp ile ABD gelmektedir. Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye ise 11 milyon m³'lük üretim hacmi ile listenin 11. sırasında yer almaktadır. (Şekil 3.3) (ahsaponline.net).



Şekil 3.3. Endüstriyel odun üretim ve tüketimi en fazla olan ülkeler.

Ancak, bundan 60–70 yıl öncesine kadar, Türkiye’de yapılarda sıkça kullanılan ahşap, günümüzde adeta unutulmuştur. Bunun en önemli nedenlerinin başında, özellikle 2. Dünya savaşı sonrası ülkemize hızlı bir giriş yapan betonarme teknolojisi ve tarih boyunca yaşanan yangınlar gelir.

Oysa ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi gelişmiş ülkelerde teknolojinin verdiği imkanlardan yararlanarak, yeni detay ve teknikler geliştirilmiş ve ahşap yapılar inşa edilmeye devam edilmiştir. Bu gün ABD de ahşap yapılar genel olarak tüm yapıların %80-%90’ını oluşturmakta, Kaliforniya gibi deprem

bölgesindeki konutlarda ise bu oran %99'lara ulaşmaktadır (Doğangün ve ark., 2005).

—Ahşabın Geri Dönüşümünün Önemi

Ekoloji ve malzeme ilişkisi düşünüldüğünde, ekolojik tasarım kriterleri ile birebir uyuşan malzemelerin başında hiç kuşkusuz ahşap malzeme gelmektedir. Ahşap, kendisini yenileyebilen tek yapı malzemesidir. Ormanlar ve bireysel olarak ağaç, yetiştirilip kesilerek devamlı olarak yapı malzemesi sağlayabilen tek kaynaktır. Aynı zamanda ahşap malzeme havayı temizleyebilen tek yapı malzemesidir (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Ekolojik yapılaşma insanlara her geçen gün daha çok parçalanan ve yok olan yaşam çevrelerine karşı daha dikkatli, sosyal ve akılcı olmayı önermektedir. Malzemelerin akıllıca ve dönüştürülerek kullanımının önemini kavramak, yaşam konforunu yükselten, doğru planlama ve enerji öncelikli tasarım ile üretilen her türlü araç gerecin ve yapıların çoğalmasını desteklemek gerekmektedir. Üretimi ve işlenmesi sırasında az enerji harcayan, kullanım ömrünü tamamlayınca doğa tarafından kolayca dönüşüme uğratılan, hem üretim aşamasında, hem de yıkılması sırasında doğayı kirletmeyen ve kanserojen maddelerin ortaya çıkmasına neden olmayan ahşap malzemeyi kullanarak ve geri dönüştürerek doğal dengenin korunmasına katkıda bulunmuş oluruz. Doğanın mükemmel içyapısı ile hazır olarak sunduğu ahşap malzeme geri dönüştürülmeye değer, değerli bir malzemedir.

—Ahşabın Geri Dönüşüm Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Ahşabın

Kullanım Alanları

Tüm dünyada, yapısal atıkların içinde bol miktarda ahşap bulunmaktadır. Tahminlere göre Büyük Britanya'da yıllık yaklaşık 2,5 milyon ton atık üretilmektedir (Coventry, 1999). Ahşap, şunların üretimi için geri dönüştürülmektedir:

- a) Yapısal aktiviteler sırasında ortaya çıkan sağlam ahşap, temizlenip çivileri çıkarıldıktan uygun parçalar haline getirildikten sonra, başka yapılarda kullanılabilir. Hasarsız ahşap, tahta kaplama, hatıl, kapı, döşeme tahtası, çatı kirişi, panel, balkon parapeti ve kazık olarak kullanılabilir (Hendriks and Pietersen, 2000).

2004 'de Japonya'da, ahşap atığı mobilyaya dönüştüren yeni bir teknoloji geliştirilmiştir. Zayıf düşen ağaçları, ahşap sıra ve basamakları taşımak için, ahşap kazıkları desteklemektedir.

b) Geri dönüştürülmüş küçük, ahşap parçalardan özel, hafif bir beton üretilebilir.

c) Ahşap atık, Japonya'da, yakıt ve kömür olarak, güç üretmekte kullanılabilir. Hollanda'da, yapısal aktivitelerde 4,000,000 ton ahşap atık oluşmaktadır (Hendriks and Pietersen, 2000); bu ahşapların büyük kısmı alan doldurmasında kullanılır ya da kömür enerjisiyle çalışan veya çimento tuğlası tesislerinde yan ürün olarak kullanılır. Yakımdan önce, ahşabın boyutları azaltılır. Maden eritme ocağı deoksidasyonu (oksijeninin çıkarma işlemi) da ahşabın geri dönüşümünde kullanılır. Geleneksel yakmada %10 verim elde edilirken, bu yöntemler kullanılarak ahşaptan maksimum fayda sağlanmış olur.

d) Yakım, ayrıştırma (çürüme, bozulma) veya hidrolizden sonra, atık ahşap veya keresteye gasification (gaz haline koyma) veya pyrolysis (ışıl kesim) işlemleri uygulanarak kimyasal ürün haline getirilebilir (Hendriks and Pietersen, 2000).

e) Yapısal atıktan çıkan ahşap parçalar, yeni yapı ürünlerinde, çatılarda ahşap kaynaklı panel olarak, tavan ve zeminde, tarımsal yapılarda, ilan panosu-çit yapımında, ambalaj yerine, duvar ve ses bariyeri üretiminde, ambalaj yerine geri dönüştürülerek faydalanılabilir.

f) Japonya'da, kağıt, geri dönüştürülmüş kereste ve 'mulching' denen bitki köklerini sıcak veya soğuk ile kuraklıktan korumak veya meyveleri temiz saklamak için kullanılan saman ve yaprak tabakası, geri dönüştürülmüş ahşaptan üretilir (Resim 3.12). Ayrıca, talaş haline getirilmiş atık ahşap, toprak dokusunu güçlendirmek için toprağın üst tabakasıyla karıştırılabilir ve plastikle kaplanarak plastik kereste (laminat parke) yapımında kullanılabilir.

g) Japonya'da kırpık ahşap, eğimli toprak yüzeylere toz halinde serpilen "geofibre" adında bir malzemeye dönüştürülmektedir.

h) Ahşap atık, yalıtım levhası olarak da kullanılmaktadır. Kırpılmış ahşaptan, 180°C'de, 40 dakika, buhar basıncı altında, yapıştırıcı eklenerek mutfak aleti ve mobilya yapılır. Japonya'da, 2004'de bu teknoloji, ahşap kırpıntılarının kaldırım malzemesi yapılması için kullanılmıştır (Tam and Tam, 2006).



Resim 3.10. Mulching örnekleri www.thailand.ipm-info.org, www.ames.com.



Resim 3.11. Geri dönüştürülmüş ahşabın kullanıldığı bazı uygulamalar, www.flickr.com.

3.1.5. Demir İçeren Metaller

Metalik demirin karbon, manganez, silisyum, fosfor, kükürt, ve diğer birçok elementle alaşım, bileşim ve karışımıyla oluşan çelik, demirin allotropik (kristal

yapısının sıcaklığa bağlı olarak değişen) bir metal olması, ısı işlem ve alaşımlama ile çok farklı özellikler kazanabilmesi sayesinde; standartlarda 2000'den fazla türüyle endüstriyel malzemeler içinde en mükemmeli ve yeniden kullanım özelliği en yüksek malzemedir. Dünya metal üretiminin %95'i demir olup demirin karbonla yaptığı alaşımlar, yani çelikler en yaygın kullanılan mühendislik malzemelerini oluşturmaktadır. Üretilen her 100 kg çeliğin 40 kg'ı yeniden kullanılan malzemedir üretilmektedir. Çelik çeşitlerinin bu denli çok olması, her biri başka özellikler isteyen yerlerde ve işlerde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ucuzluğu, hammadde kaynaklarının genişliği, üretim teknolojisinin gelişmişliği, çeşitlerinin ve dolayısıyla kullanım alanlarının çok yaygın oluşu çeliği dünyada en çok üretilen ve tüketilen metal durumuna getirmiştir. 20. yüzyılın başında 28 milyon ton olan dünya çelik tüketimi bu yüzyılın sonunda 780 milyon tona ulaşmıştır (Kayır, 2001).

Ürün bazında kapasitelere bakıldığında, toplam kapasitenin %83'ü uzun ürünler, % 15'i yassı ürünler, %2'si vasıflı çelik ürünlerden oluşmaktadır (Sezgin ve Kuyumcu, 2007).

Uzun çelik ürünleri alt sektörü, demir cevheri veya hurdadan, sıvı çelik üretilip, bunu çeşitli yöntemlerle dökerek, ingot (külçe), blum ve kütük haline dönüştüren çelikhaneleri ile, ingotblum ve kütüğü haddelemek yoluyla blum, kütük, demiryolu malzemesi, ağır, orta ve hafif profil, nervürlü veya düz betonarme çelik çabuklar, tel ve kangal (filmaşın) üretimi yapan haddehaneleri kapsar.

Yassı çelik ürünleri dayanıklı tüketim malları ve yatırım malları endüstrilerinin ana girdisidir. Yassı çelik ürünlerinin girdi olarak kullanıldıkları sanayi faaliyetleri;

- İnce levhaların %40'ı motorlu taşıtlarda,
- İnce levhaların %11'i elektrikli ev eşyalarında,
- Tüp ve boru gibi ürünlerin %30'u petrol ve gaz dalında,
- Tenekenin neredeyse tümü madeni ambalaj ve kap üretiminde,
- Levhaların büyük kısmı otomobil sanayi ve elektrikli ev eşyaları imalatında kullanılır.

Vasıflı çelik, her türlü dövme ve makine imalat sanayiinde kullanılmaya uygun, kimyasal, fiziksel ve metalürjik özellikleri garanti edilebilen ve bu garantiyi vermek

üzere ihtiyaç duyulan tüm güvenilir muayene, ölçüm ve deneyleri yapılmış olan müşteri talebi üzerine, ilgili izlenebilir dokümanları sunulabilen, karbon, orta ve yüksek alışımlı çelik mamulüdür (Birleşik Metal İşçileri Sendikası, 2003).

Dünyada, 2000 yılında 846.180.000 ton demir çelik üretimi yapılmıştır. Her sene artarak, 2003 yılında ham çelik üretimi 964 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise, 2000 yılında 14.325.000 ton olmuştur. Türkiye ham çelik üretiminde 2001'de 15 milyon tonla 15. sırada iken 2006 yılında 23,3 milyon tonla 11. sıraya kadar yükselmiştir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren kişi başına ham çelik tüketimi, gelişmiş ülkelerde ortalama 400 kg/kişi iken, ülkemizde 189/kişidir (Kılıç, N., 2007).

2006 yılında Türkiye'nin toplam ham çelik üretiminin yaklaşık %74'ü ark ocaklı tesisler, %26'sı ise entegre tesisler tarafından gerçekleştirilmiştir. İnşaat demiri üretimi gerçekleştiren entegre tesislerde temel hammadde demir cevheri, elektrik ark ocaklı kuruluşlarda ise hurdadır (Sezgin ve Kuyumcu, 2007).

—Çeliğin Geri Dönüşümünün Önemi

Kullanılmış çelik çöpe atılmayıp geri kazanıldığında ve kullanılmış çelikten çelik üretildiğinde;

- Enerjinin %74 ve hammaddenin %90 korunduğu,
- Su tüketiminin %40 azaltıldığı,
- Atık su kirlenmesinde %76, hava kirlenmesinde %86 ve maden atıklarında %97 azalma olduğu, gözlenmiştir.

1000 kg kullanılmış çelik geri kazanılıp tekrar çelik üretiminde kullanıldığı zaman 1050 kg demir cevheri, 454 kg kok kömürü ve 55 kg kireç taşı daha az kullanılır (Öztürk, 2004-p).

Tüm dünyada, demir içeren metallerin geri dönüşümü için çok gelişmiş bir pazar mevcuttur. Çünkü bunlar, diğerlerinden kat kat daha karlı ve geri dönüştürülebilir malzemelerdir.

—Çeliğin Geri Dönüşüm Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Çeliğin Kullanım Alanları

Demir içeren metallerin geri dönüşümü uzun süredir uygulandığından, sahada, dönüşüm için gereken işlemler sorunsuzca yerine getirilmektedir. Tercihen, çelik direkt olarak yeniden kullanılmalıdır. Direkt olarak kullanılmıyorsa, yeni çelik üretimi için eritilmelidir.

Hollanda kırpıntı çelik atıklarının % 80'inini geri dönüştürmektedir, bununla beraber bu çeliklerin %100 geri dönüştürülebileceği iddia edilmektedir. Çelik firmaları, güçlendirme (takviye) amaçlı kullanılan çelik parçaların aşağı yukarı %100'ünü, taşıyıcı kısımların ise %25'ini geri dönüştürülmüş çelik kırpıntılarında ürettiklerini açıklamaktadır. Çelik kırpıntıları neredeyse tamamen geri dönüştürülmekte ve tekrar tekrar geri dönüşüme olanak sağlamaktadır (Coventry, 1999).

Çelik levhaların kesilmesi esnasında oluşan kırpıntılar çelik üretiminde kullanılan en değerli maddelerdir. Geri kazanılmış, parçalanmış ve balyalanmış demir-çelik geri kazanma tesisinde ufak dilimlere kesilir. Demir-çelik parçalar üzerinde kalması muhtemel yabancı maddeler ve kağıt etiketler giderilir. Bu yabancı maddeleri gidermek için vakum kullanılabilir. Karışık olarak toplanan çelik malzemeler geri kazanma merkezleri de konveyör bant üzerinde giderken büyük magnet tarafından tutularak diğer malzemelerden ayrıştırılır (Öztürk, 2004).

Çelik yüzeyindeki kalayı geri kazanmak için ya fırında ısıtarak buharlaştırma işlemi (ısıl işlem) uygulanabilir veya kalay, sodyum hidroksit ve oksitleme maddesi kullanılarak kimyasal yolla da geri kazanılabilir. Kalaylı çelik elektroliz banyosuna daldırılarak kalay ayrıştırılır. Kimyasal yolla kalayı alınmış çelik yeni çelik üretiminde kullanılabilir. Isıl işlemle kalayı alınmış çeliği, çelik üretiminde kullanmak uygun değildir. Çünkü ısı kalayın çeliğe nüfus etmesine neden olur ve yeni çelikte safsızlık olarak görülür. Bu madde de bakım üretiminde ve çok az miktarda ise demir oksit kaynağı olarak boya endüstrisinde kullanılır. Bir ton çelikten elektroliz yolu ile 2.267–2.721 kg. kalay geri kazanılır. Kalayı alınmış balyalı kutuların spesifik ağırlığı 485 kg/m³'dir (Öztürk, 2004-p).

Japonya'da çelik, çelik formlar ve inşaat demiri saha dışında üretilir veya kesilir, böylece çelik inşaat sahasında, atık oluşturmada %100 geri dönüştürülebilir (Tam and Tam, 2006).

3.1.6. Demir İçermeyen Metaller

Yapısal atıkların içinde olabilecek başlıca demir içermeyen metaller alüminyum, bakır, kurşun ve çinkodur (Tam and Tam, 2006). Bunlardan en çok kullanılan ve en önemli olan alüminyumdur çünkü dünyada en fazla kullanılan demir dışı metaldir ve en fazla kaynaktan ayrı toplanan ambalaj atığıdır.

Alüminyum yeryüzünde oksijen ve silisten sonra en bol bulunan maddelerden biridir. Metal olarak silisyumdan sonra yeryüzünde en bol (%8) bulunan metaldir, yeryüzündeki en önemli hammadde bileşiği boksittir (Öztürk, 2005-c). İnşaat sektörü, yılda Avrupa'da 1,2 milyon ton, ABD'de 1.05 milyon ton, Japonya'da 915.000 ton alüminyum kullanmaktadır. Ülkemizde alüminyum kullanımı kişi başına yılda 3 kg. civarında olup, bu miktar gelişmiş ülkelerin ortalamasına göre 5-6 kez daha düşüktür. Alüminyum kullanımının sağladığı faydalar dikkate alındığında, ülkemizde alüminyum kullanımı için büyük bir potansiyel olduğu görülmektedir. Ülkemizde, alüminyum ekstrüzyon, yassı-ürünler, döküm ürünleri ve iletkenlerin geniş çapta üretimi, özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir. Yıllık üretim kapasitesi, yaklaşık olarak; ekstrüzyon ürünlerinde 120.000 ton, yassı ürünlerde 100.000 ton, döküm ürünlerinde 75.000 ton, iletkenlerde ise 60.000 tondur. 1998 yılında 60-65 bin ton ekstrüzyon üretimi olduğu tahmin edilmektedir (Ulucak, 2008).

Alüminyum sert, hafif ağırlıklı ve korozyona dayanıklı, düşük yoğunlukludur, çelikten 1/3 oranında daha hafiftir. Yüzeyinde oluşan alüminyum oksit; neme, sıcaklığa ve diğer kimyasallara karşı alüminyum malzemelerin daha dayanıklı olmasını sağlar. Magnetik değildir ve yanıcı olmayan elektronik sanayiinde geniş olarak kullanılır. Pas oluşturmaz, atmosferik şartlara karşı dayanıklı olduğu için inşaat ve otomobil sanayiinde geniş olarak kullanılmaktadır. Ayrıca alüminyum ısı ve elektriği iyi iletir. İletken bir metal olarak bakıra göre iki kat daha hafiftir. Bu nedenle son zamanlarda bakırın yerini almaktadır. Özellikle mutfak eşyası olarak

kullanılmaktadır. Alüminyum: elektrik sektöründe; iletken tel imalatında, gıda sektöründe; ambalaj ve mutfak eşyası yapımında, inşaat sektöründe; kapı, pencere, doğrama ve dekoratif levha olarak kullanılmaktadır. Özellikle otomobil ve havacılıkta hafif olması sebebiyle otomobil ve uçak parçalarının üretiminde tercih edilen bir metaldir.

Alüminyum, inşaat sektöründe binaların çatı ve cephe kaplamalarında, kapı ve pencerelerinde, merdivenlerde, çatı iskeletinde, inşaat iskelelerinde ve sera yapımında büyük miktarda kullanılır.

Alüminyumun sağlamlığı yanında sahip olduğu dekoratif görünüm, eloksal² kaplama ile bir bakıma ölümsüzleşir. Gerek natürel veya renkli eloksal kaplama, gerek ise lake kaplama elektrostatik toz veya sıvı boyama ile alüminyum; mimar ve mühendislere inşaat sektöründe zengin seçenekler sunar. İnşaat sektöründe; alüminyum ekstrüzyon, yassı-ürünler ve döküm ürünleri kapı/pencere doğramaları, cephe/çatı kaplamaları ve aksesuarların yapımında kullanılır (Ulucak, 2008).

—Alüminyum Geri Dönüşümünün Önemi

Alüminyum üretimi dünyadaki bugünkü tüketim hızına göre 1000 yıl yetecek kadardır fakat kullanılmış alüminyum yerine boksit gibi doğal kaynaklardan alüminyum üretmek oldukça pahalı ve aşırı enerji gerektiren sistemdir. Alüminyum kullanılmaya başlandığından beri geri kazanılma işlemi yapılmaktadır (Öztürk, 2005-c). Alüminyum üretiminde en önemli hammadde kullanılmış alüminyumdur. Kullanılmış alüminyum tekrar tekrar alüminyum üretiminde kullanılabilir. Alüminyum malzemeler %100 geri kazanılabilir. Kullanılmış alüminyum geri kazanılarak sadece katı madde miktarı azaltılmaz aynı zamanda boksit madeni doğal kaynağı ve enerji korunmuş olur. Bir kilogram alüminyum kutu geri kazanıldığında; 8 kg boksit madeni, 4 kg kimyasal madde, 14 kWh elektrik enerji kullanımı, korunmuş olur.

2

Eloksal, alüminyum için çok özel bir yüzey kaplamadır; elektrokimyasal bir proses ile yapılır. Mimari uygulamalar için eloksal tabakasının "renk"lendirilmesi amacı ile birçok çalışmalar yapılmış ve prosesler geliştirilmiştir. Bu proseslerin çoğu, eloksal tabakasının gözenekli (poröz) yapısının, renk verici pigmentleri barındırması esasına dayanmaktadır.

Kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretmek orijinal hammaddeden üretime göre çok daha ucuza mal olduğundan diğer ambalaj atıklarına göre daha fazla geri kazanılmaktadır. Boksit madeninden yeni bir alüminyum kutu yapmak için gerekli enerji 20 birim ise kullanılmış alüminyum kutu yapmak için gerekli enerji 1 birimdir. Yani kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretimi, hammaddeden alüminyum üretimine göre %95 daha az enerji gerektirir. Böylece önemli oranda enerji kaynağı korunmuş olur.

Kullanılmış alüminyum geri kazanılması demek, daha az enerji ve hammadde tüketimi demektir. Kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretilerek sera gazı emisyonu %95 ve atık su kirlenmesi %97 oranında azaltılabilir. Kullanılmış alüminyum geri kazanılıp üretime sokulduğunda %99 oranında baca gazı kirletici emisyonu azalır (Öztürk, 2005-c).

—Alüminyumun Geri Dönüşüm Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Alüminyumun Kullanım Alanları

ABD’de kullanılan alüminyumun %65’i geri kazanılmakta, yılda 1 milyar kg’ dan fazla kullanılmış alüminyum çöpe atılmaktadır. İstanbul’da da katı atıkların içinde %5,8 oranında metal bulunduğu bilinmektedir. Avustralya’da 2000 yılında 39.000 ton alüminyum, iş yerlerinden ve sanayiden toplanmıştır. İsviçre’de kullanılan alüminyumun %38’i geri kazanılmıştır. 1994 yılı verilerine göre İsviçre, İsveç ve Avrupa Birliği Ülkelerinde ortalama sırasıyla %92, 88 ve 40 oranında kullanılmış alüminyum geri kazanılmıştır (Öztürk, 2005-c).

Büyük Britanya’da, 1997’de kullanılan 95,000 ton alüminyumun, %70’kadarı geri dönüştürülmüş alüminyumdan oluşmaktadır. Kullanılan 262,000 ton bakırın, 119,000 tona kadarı geri dönüştürülmüştür (%100 geri dönüşüm oranı yakalanabilir). Kurşun, 228,700 tona kadar geri dönüştürülmüştür (kullanılan kurşunun yaklaşık %85’i geri dönüştürülebilirdir). Çinko, galvaniz çelik parçaların üretiminden kullanılmak üzere 60,000 ton kadar geri dönüştürülmüş, üretimden sonra 40000 ton galvanizeleşmiş çeliğin üretimi için kullanılmıştır. Diğer kullanımlarına göre küçük bir oranla, çinko tabakalar (her yıl 2000 ton) çatı örtüsü ve yağmurdan koruma sacı

olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, yüksek miktarda çinko (tüm kullanımın %30'u kadar), pirinç yapımında kullanılmaktadır (Tam and Tam, 2006).

3.1.7. Tuğla Malzeme

Tuğla ve kiremit kullanımı insanoğlunun oluşumu kadar eskiye dayanmaktadır. İlk tuğla veya kiremit üretim tesisi belki de insanlar tarafından yapılan ilk evdir diyebiliriz. Tuğla üretimi hammadde hazırlanması, şekillendirme, kurutma, pişirme, ambalajlama ve sevk basamaklarını izler.

Tuğla ve kiremit imalatına uygun olan topraklar bütün dünya ülkelerinde yaygındır ve sınırsız rezervlere sahiptir. Ancak bunların fabrikaların yakınlarında bulunmaları ve işletilmelerinin de çevreye zarar vermemeleri gibi şartlar bakımından temin edilmelerinde zorluklar çıkabilir. Ülkeler arasında tuğla-kiremit ithalatı ve ihracatı söz konusu olmasına rağmen toprakların dış ticareti yoktur denilebilir. Çünkü bunlar ulusal ve uluslararası değil mahalli pazarların hammaddeleridir. Belki bazı gelişmiş ülkeler arasında sınır ticaretine konu olabilirler. Altıncı 5 Yıllık Plan ÖİK-Yapı malzemeleri raporuna göre dünyada 1976 yılında yaklaşık 100 milyar adet tuğla üretilmişken, bu rakam 1985 yılında 80 milyar civarına düşmüştür. Bilinen rakamlara göre Türkiye, Asya ülkeleri arasında İran'dan sonra ikinci durumda görünmektedir. AET ülkeleri arasında en büyük tuğla üreticileri İngiltere ve İtalya'dır.

—Tuğlanın Geri Dönüşümünün Önemi

Tuğlanın hammaddesinin eldesi oldukça kolay ve diğer malzemelere oranla ucuz olmasına rağmen, hammaddenin ve çevrenin korunması, enerji sarfiyatının engellenmesi gibi sebeplerden geri dönüşümüne önem verilmesi gerekmektedir. Özellikle ülkemizde betonla birlikte en çok kullanılan yapı malzemesi oluşu, geri dönüşümünün önemini bir kat daha arttırmaktadır.

—Tuğlanın Geri Dönüşümünün Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Tuğlanın Kullanım Alanları

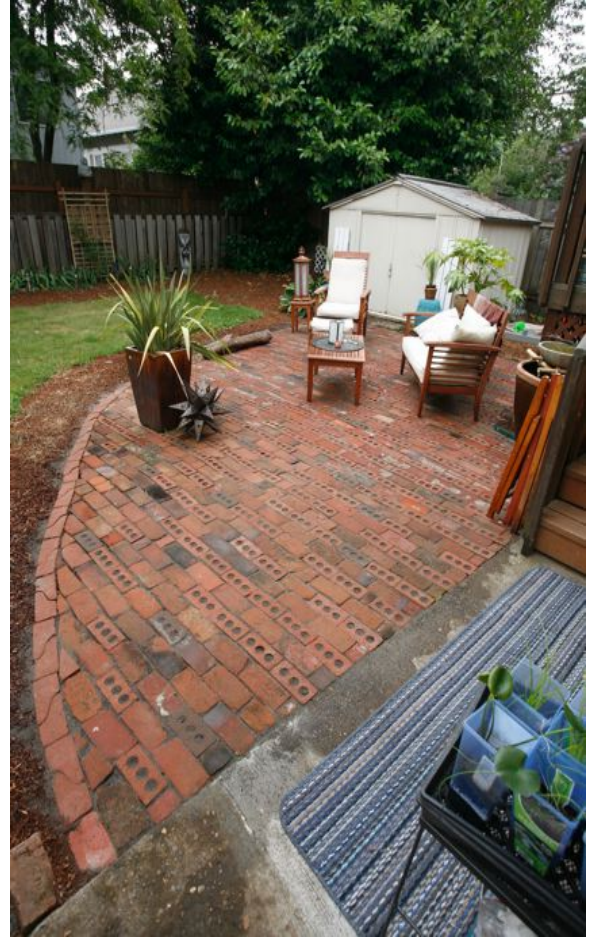
Tuğla malzemelerin geri dönüşümü söz konusu olduğunda, beton malzemeye uygulandığı gibi daha çok mekanik yollarla ezme işlemleri yapılır. Tuğlalar, yıkım atıklarından harç ile kirletilmiş, alçı ile sıvanmış, beton ve ahşap gibi farklı malzemeler ile karıştırılmış olarak çıkabilir. Kullanılabilir tuğlanın ayrılması genelde çok zahmetlidir ve elle tasnif yapmayı gerektirir. Danimarka’da eski binalarda sadece %10–15 oranında yeniden kullanılabilirdiği belirtilmiştir. Bu tasnif ve temizleme işi yoğun emek ister ve maliyetli olur (Kristensen, 1994). Tuğlaların yapıdan kirli olarak çıkarılıp temizlenerek kullanımları, onları ekonomik olarak sıfır tuğladan çok daha pahalı hale getirmektedir. Japonya, Kyoto’ da 2004’de yapılan saha çalışmasında, parçalanmış tuğlalar yakılarak ince uçucu küllere çevrilmiştir. Son yıllarda, Hong Kong’da tuğlalar genelde dolgu malzemelerinin içine katılmaktadır. Parçalanmış tuğlalar yaygın olarak yol kenarlarında dolgu malzemesi ve peyzajda süs olarak kullanılmaktadır (Resim 3.14,15,16)(Tam and Tam, 2006).



Resim 3.14. Tuğlanın peyzajda yeniden kullanımı www.flickr.com.



Resim 3.15. Tuğlanın kaldırım taşı olarak yeniden kullanımı www.flickr.com.



Resim 3.16. Tuğlanın peyzajda yeniden kullanımı www.flickr.com.

3.1.1. Taş Malzeme

Petrografik (kayaları sınıflandırma) ve teknolojik yönlerden, yapılarda kullanılmaya elverişli olan, çeşitli minerallerin bir araya gelmesiyle doğal olarak meydana gelen veya yapay olarak hazırlanan taşlar, renk–doku yönüyle yapılara çeşitli özellikler kazandırması yanında kaplama ve taşıyıcı bir eleman olarak da kullanılabilir.

Yapılarda kullanılacak taşlar renk–doku özelliğine göre estetik görümlü, homojen yapılı, fiziksel, mekanik, kimyasal etkilere dayanıklı, oyma ve süslemelerin yapılabilmesi için yeterli mukavemete sahip olmalıdır. Bu özelliklere sahip olan püskürük kütlelerle fiziksel tortul kütleler grubundaki taşlar dış duvarlarda kullanılmaya elverişli taşlardır. Cephelerde binanın özelliğine göre doğal–yapay

taşların kullanımı her geçen gün daha da önem kazanmakta, yapılarda ve mimaride de tercih edilmektedir (Koçu, 2006)

Ülkemiz, mermer başta olmak üzere bazı doğal taşlar bakımından oldukça zengin durumdadır. Doğal taşarın dışında, bazı minerallerin, dayanıklılığı, estetiği arttırmak amacıyla farklı oranlarda bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapaya taşlar da günümüz inşaat sektöründe oldukça rağbet görmektedir.

—Taşların Geri Dönüşümünün Önemi

Üretimi ve işlenmesi esnasında meydana gelen atık miktarı %60'lara ulaşan yapısal taş sektöründe, yeniden kullanım için önemli miktarlarda hammadde açığa çıkarmaktadır. Meydana gelen atıklar toz ve parça atıklar olmak üzere ikiye ayrılmakta ve bunlar çeşitli şekillerde değerlendirilmektedir. Mermer toz atıkları özellikle mermer işleme fabrikalarının civarında önemli çevre sorunları oluşturmaktadır. Bu nedenle bu malzemelerin yol üst yapı inşaatında değerlendirilmesi ekonomiye ve çevreye önemli bir katkı getirecektir. Özellikle mermer ocaklarında açığa çıkan mermer parça atıklarının agrega olarak değerlendirilmesi ile ilgili özel girişim örnekleri Afyon çevresinde görülmektedir. Bu sayede doğal kaynakların korunması sağlandığı gibi aynı zamanda atık azaltılması ve faydalanılması gerçekleştirilmiş olur (Gürer ve ark, 2004).

—Taşların Geri Dönüşümünün Teknolojisi ve Geri Dönüştürülmüş Taşın Kullanım Alanları

Taşlar, normal olarak ezilerek geri dönüştürülmüş agrega haline getirilir. Geri dönüştürülmüş agreganın özel bir uygulama şekli de, polisitren (ısı ile yumuşayan şeffaf madde) boncuklar içeren, ısı yalıtımı duvarı olarak kullanımındır. Bu duvar kütleli olarak çok hafiftir ve çok yüksek oranda ısı yalıtımı sağlar. Geri dönüştürülmüş taş agreganın başka bir kullanımı da, hem geleneksel hem de sodyum silikat tuğla yapımında balçık olarak kullanılmasıdır (Hendriks and Pietersen, 2000).

- a) Geri dönüştürülmüş agreganın çok küçük bir kısmı tuğlada balçık, sodyum silikat tuğlada kum yerine kullanılır.

b) Geleneksel balçık tuğlada kullanılan bu küçük miktar, mukavemetteki istenmeyen kötü etkileri engellemek, çekme kuvveti, sağlamlık ve rengi etkilememek için hiç kireç içermemelidir.

c) Sodyum silikat tuğla yapılırken kullanılan miktar, bu miktar kireç içerebilir fakat, sodyum silikat tuğla, 15 bar basınçta ve balçık tuğladan ok daha düşük ısıda üretilmelidir.

Geri dönüştürülmüş taş agrega, sodyum silikat tuğla üretiminde kullanılırken, bağlayıcı çimento mekanik veya ısıl yöntemle ortadan kaldırılmalıdır. Çimento kaplı tuğlalar 900 C°' ye kadar ısıtıldığında yüzeyler arası stres oluşur ve çimento tuğla yüzeyinden küçük parçalar halinde ayrıştırılabilir (Hendriks and Pietersen, 2000). Bu malzeme, klinker (kiremit tuğlası) üretmek için ısıtılabilir. Bu üretimde açığa çıkan karbondioksit miktarı, doğal malzeme kullanılarak yapılan üretimde açığa çıkacak miktardan daha az olur. Kireç taşı ısıtıldıktan sonra tekrar kullanılabilir; fakat sodyum silikat tuğla üretilirken yapıştırıcının ortadan kaldırılması gerekir (Tam and Tam, 2006). Resim 3.17'de geri dönüştürülmüş taşlardan yapılmış Lauriston Kız Okulu görülmektedir.



Resim 3.17. Geri dönüştürülmüş taşlardan yapılmış Lauriston Kız Okulu'nun Bilim ve Araştırma Binası, Melbourne, Australia, 2003. www.earthstructures.co.uk.

Türkiye’de önemli ölçüde çıkarılan ve işlenen mermerin gerek üretimi sürecinde gerekse işleme tesislerinde işlenmesi sürecinde açığa çıkan değişik boyutlu parça mermer atıkları, belirli bir boyuta kırıldıktan sonra farklı kullanım alanları bulabilmektedir. Bunlar beton ve asfalt karışımlarda agrega, yol zemini ve baraj inşaatlarında dolgu malzemesi, suni mermer plağı, karosiman ve bir mermer süsleme sanatı olarak antik taş yapımında kullanılmasıdır. Yapılan araştırmalar asfalta katılan mermer tozunun asfalt yaşlanmasını önemli oranlarda geciktirdiğini göstermiştir. Eklenen mermer tozu asfalt çimentosunun viskozitesinin artmasını sağlayarak teker izi deformasyonlarını azalmasında faydalı olmaktadır (Little and Epps 2001). Mermer toz atıklarının asfalt betonu karışımında filler malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerinde yapılan çalışmalar, taş tozu filler malzemesinin az bulunduğu veya bulunmadığı yerlerde, mermer tozunun filler malzemesi olarak bitümlü karışımlarda değerlendirilebileceğini göstermiştir (Terzi ve Karaşahin 2003). Bunun dışında mermer toz atıkları sıva katkı malzemesi, çimento üretiminde katkı malzemesi, kireç üretiminde, kalsine dolomit üretiminde, refrakter malzeme olarak inşaat sanayiinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır (Şentürk, 1996). Mermer toz atıklarından yararlanılan diğer önemli alanlardan biriside bozuk zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde kimyasal katkı maddesi olarak kullanımınıdır. Mermer tozunun killi zeminlerde kirece benzer bir iyileştirme yaptığı yapılan literatür taramasından bilinmektedir (Okagbue and Onyeobi, 1999). Dolayısıyla mermer sanayiinde meydana gelen toz atıkları killi yol alt yapılarında kimyasal stabilizasyon malzemesi olarak hızlı bir şekilde değerlendirilmesi suretiyle çevre kirliliğinin azaltılması ve bu atıl malzemenin ekonomiye bir inşaat malzemesi olarak kazandırılması sağlanabilir. Mermer tozunun filler katkı malzemesi olarak kullanıldığı bir diğer yapı malzemesi de betondur. Yapılan araştırmalar beton üretiminde ince malzeme oranının yaklaşık % 10'nun mermer tozu ile değiştirilmesi halinde basınç dayanımında belirli bir artış olduğunu göstermiştir (Ünal ve ark., 2003).

4. SONUÇ

Yapısal aktiviteler sonucu, oluşumu engellenememiş–azaltılamamış ya da yeniden kullanılamayan yapısal atıkların en etkin değerlendirme şekli, geri dönüşüm olarak bilinmektedir. Yüksek potansiyele sahip bu atıkların geri dönüşümü için uygun bir yönetim planı uygulanıp gerekli teknolojilerden yararlandığında başarılı sonuçlar almak kaçınılmazdır. Günümüzde, plastik, cam, ahşap, demir içeren, demir içermeyen metaller, tuğla ve taş malzemelerin geri dönüşümü çalışılmakta, mevcut teknolojilerle birçok değişik türde geri dönüştürülmüş malzeme üretilebilmekte, yeni malzemelerle rekabet edebilecek nitelikteki geri dönüştürülmüş malzeme üretimi gibi yüksek kaliteli uygulamalar hayata geçirilmektedir. Bazı durumlarda, malzemelerin geri dönüşümü, işlenmemiş üründen daha pahalıya mal olmasına rağmen ürün gelişimini ve geri dönüşümü desteklemek amacıyla bu geri dönüşümler gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, en çok tercih edilen geri dönüştürülmüş malzeme üretim şeklinin, orijinal kullanımından daha düşük seviyedeki bir amaç için kullanılmak olduğunu söylemek mümkündür.

Yapısal atıkların geri dönüştürme konusunda ilerlemenin ön koşulu ise geri dönüştürülmüş malzemeler için indirimli outlet satışlarının gelişimini sağlamaktır. Bütün ülkeler, geri dönüştürülmüş malzemelerin diğerlerinden hiçbir farkının olmadığını kabul etmeli, yeni ürünlerle aynı garanti sürelerine sahip olmaları sağlanmalı ve kullanım için uygun oldukları bilgisi verilmelidir. Yapı ürünleri ve malzemeleri için olan bazı standartlar, geri dönüştürülmüş malzemelerin yapım işlerinde kullanılmasını engelliyor olabilir. Ülkeler bu konudaki standartlarını gözden geçirmeli ve böyle durumlar söz konusu ise limitler, vergiler ve teşviklerle geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanılması ve yapı ürünlerinin imalatında geri dönüştürülmüş içerikli malzeme kullanımı teşvik edilmelidir. Geri dönüşüm ve yeniden kullanım konusunda açık olmayan, engelleyici, mevcut standartlar değiştirilip malzemenin bileşimleri ya da kökenlerine göre değil, teknik performanslarına göre hazırlanmalıdır.

Şu anki durumda, ülkemizde yapısal atık olarak en fazla rahatsızlık veren beton atıkların geri dönüşümü için, mekanik ezmeden yapısal betonda kullanmaya

kadar birçok yöntem olduğu bilinmektedir. Karışık teknolojilere başvurmadan, sadece kullanılacağı alana göre uygun ebatlara parçalamak bile ülkemizin yapısal atıklar sorununa çok büyük çözüm getirecektir. Bu ürünlerin, yol yapım agregası ve dolgu malzemesi olarak kullanılması agrega kaynaklarına olan talebi de hafifletecektir.

Bu doğrultuda, yapılması gereken, öncelikle atık yönetimi için gerekli bütçeyi ayırıp beton atıklar için olanlar başta olmak üzere, ülke ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelikte ve türde geri dönüşüm tesislerini kurmaktır. Daha sonra bu tesisleri yaygınlaştırıp yapısal atık geri dönüşümünü yerel sistemlere bağlamak, bu tesislerde üretilen malzemelerin kullanımını sağlamak gerekir. Diğer taraftan atık yönetiminin temel uygulayıcı birimleri olan yerel yönetimlerin, diğer açılardan da bu alandaki sorumlulukları ile orantılı bir kapasiteye ulaşmaları sağlanmalıdır. Bakanlık, yerel yönetimlerde yerel yönetimin türü ve büyüklüğünü göz önünde bulundurmak suretiyle model atık yönetim birimleri oluşturulmalı ve bunların yapılandırılmalarında ve işleyişlerinde uyulacak standartları belirleyip uygulatmalıdır.

Bu koşullar sağlanıp geri dönüştürülmüş ürünler piyasaya sürüldükten sonra, ürünlerin yaygınlaşması ve tanıtılmasına dolayısıyla geri dönüşüm sektörünün gelişimine en büyük destek malzeme seçimi yapacak mimarlar tarafından verilebilir. Mimarlar, sıfır malzeme kalitesine yükseltilmiş geri dönüştürülmüş ürünleri ayırım yapmadan kullanmalı geri dönüşüm ve çevre bilinci açısından tüm halka örnek olmalıdır. Bu şekilde, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de yapısal atıklar bir sorun olmaktan çıkıp gelir getiren bir kaynağa dönüştürülebilir.

5. KAYNAKÇA

1. Ajdukiewicz A, Kliszczewicz A, 2002. Influence of Recycled Concrete Aggregates on Mechanical Properties of HS/HPC. Cement and Conc. Composites, 24, s. 269–279.
2. Akıoğlu E, Köylüoğlu O.S, Arıoğlu N, 1996, 'Dünyada Geri Kazanılmış Agrega Üretim Politikalarının Gözden Geçirilmesi ve Ülkemiz Açısından İrdelenmesi', I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96, İstanbul, s. 33–51
3. Al-Ansary M S, El-Haggar S M, ve Taha M A, 2004, 'Sustaintable Guidelines For Managing Demolition Waste in Egypt', Proceddings of the International RILEM Conferance on the Use of Recycled Materials in Building and Structures, Barcelona, s. 1–11,
<http://congress.cimne.upc.es/rilem04/frontal/Papers.htm>
4. Ateş A, 2008, İSTAÇ A.ř. çalışanı, Makine Mühendisi, Almanya Teknik Gezisi Raporu, röportaj, İstanbul
5. Ay İ, 2007, Plastik Malzemelerin İşlenme Teknikleri, Plastiklerin Geri Dönüşümü (Reycylog), <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/pm/recycle.pdf>, s.2–7
6. Baytan M, 2007, Origins and Magnitude of Waste in the Turkish Construction Industry, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara, s. 6–29, 85
7. Bilgin H, 2008, İSTAÇ A.ř. Alo Moloz Hattı Yetkilisi, Edirnekapı, İstanbul
8. Birleşik Metal İşçileri Sendikası, 2003, 'Demir Çelik Sektörü', Birleşik Metal-İş Yayınları, İstanbul
9. Bostancıoğlu E, Düzgün B E, 2004 'Ekoloji ve Ahşap–Türkiye' de Ahşap Malzemenin Geleceği' Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, s. 37–44

10. Bursa Çevre Merkezi, 2006, Cam Geri Kazanımı Hem ekolojik Hem De Ekonomik, www.bcm.org.tr
11. Cement and Concrete: Environmental Considerations, <http://www.buildinggreen.com/features/cem/cementconc.cfm>
12. Cılga, A., 2008, İkinci el yapı malzemesi satıcısı, Ümraniye, İstanbul
13. Coventry S, 1999, The Reclaimed and Recycled Construction Materials Handbook, Construction Industry Research and Information Association, Londra
14. ÇEVKO, www.cevko.org.tr
15. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25406.doc
16. Devlet Planlama Teşkilatı, 2000, Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) 'İçme suyu, kanalizasyon, arıtma sistemleri ve katı atık denetimi Özel İhtisasa Komisyonu Raporu', Ankara, s. 2
<http://www.ekutup.dpt.gov.tr/icmesuyu/oik52.pdf>
17. Doğangün A, Livaoğlu R, Tuluk Ö İ, Acar R, 2005 Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları, Deprem Sempozyumu, Kocaeli
18. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste, www.epa.gov/osw
19. Environmental Protection Department, 2007, EPD www.epd.gov.hk
20. Ergün O, 1999, 'A Study on Job-Site Wastages of Building Materials in the Construction Industry of Turkey', ODTÜ Yüksek Lisans Tezi, Ankara

21. European Commission, 2000, 'Management of Construction and Demolition Waste' Working Document No 1, Directorate – General Environment, Directorate E - Industry and environment ENV.E.3 - Waste Management
22. Gavcar E, 1996, Türkiye’de Orman Ürünleri Endüstrisinin Hammadde Kaynakları ve Karsılaştığı Problemler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon
23. Futaki M, 2000, Overview of Deconstruction in Selected Countries, www.cibworld.xs4all.nl
24. Gao W, Ariyama T, Ojima T. and Meier A., 2001, “Energy Impacts of Recycling Disassembly Material in Residential Buildings”, Energy and Building 33, s. 553–562
25. Gao, Ming-Zhi A, 2008, Construction & Demolition Waste Management: From Japan to Hong Kong, KU Leuven - Institute of Energy and Environmental Law; Institutum Iurisprudentiae, Academia Sinica
26. Gutiérrez P A, Juan M S, 2004, ‘Utilization of Recycled Concrete Aggregate for Structural Concrete’ ,International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures, Barcelona (Spain) <http://congress.cimne.upc.es/rilem04/admin/Files/FilePaper/p348.pdf>
27. Guy B, 2003, ‘A Guide to Deconstruction’ Department of Housing and Urban Development Office of Policy Development and Research Washington, D.C. NAHB Research Center, U.S, www.hud.gov/deconstr.pdf
28. Günçan N F, 1995, Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskisehir, s. 44
29. Gürer C, Akbulut H, Kürklü G, 2004, İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farlı Yapı Malzemelerin Yeniden

Değerlendirilmesi, V.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

30. Hansen T C, Narud H, 1983. ‘Strength of Recycled Concrete Made from Crushed Concrete Coarse Aggregate’ ACI Concrete International, Design and Construction, 5, s. 79–83
31. Hendriks C F, Pietersen H S, 2000, Sustainable Raw Materials: Construction and Demolition Waste, Cachan Cedex, RILEM Publication, France
32. Hillard R D, Construction and Demolition Waste “A Dutch/UK perspective”, 2001, Shanks Group plc <http://www.esauk.org/events/previous/rosshilliard.pdf>
33. <http://www.ahsaponline.net/dergi/34/odalarbirliigi.htm>
34. İstaç A.Ş. Genel Müdürlüğü, Mart 2005, İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetim Planı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Çevre Koruma Müdürlüğü, İstanbul, s. 8, 14, 16–26
35. Kayır Y Z, 2001, TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası Başkanı 1.Demir Çelik Sempozyumu ve Sergisi açılış konuşması, Zonguldak http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi127/der127_9.pdf
36. Kılıç İ, Kadayıfçı A, Özel C, 2007, Geri Dönüştürülmüş Atık Betonlarda Muğla-Yatağan Uçucu Külünün Etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11–2 (2007),s. 187–193
37. Kılıç N, 2008, ‘İnşaatın Temel Girdisi Çelik’ <http://www.izto.org.tr/NR/rdonlyres/7475BDA1-95B7-4855-B351-9ADCE4362AFE/4466/demircelik.pdf>
38. Kimya Sanayii Özel İhtisas Komisyonu, 2006, Dokuzuncu Kalkınma Raporu, 2007–2013, Plastik Ürünler Çalışma Grubu Raporu, Ankara, s. 41

39. Koçu N, 2006, Doğal Taşların Duvarlarda Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Deney Yöntemleri, Selçuk Üniversitesi, 30. yıl Fikret Kurman Jeoloji Sempozyumu, Konya
40. Köroğlu M. A. ve Köken A., 2007, Düşük Mukavemetli Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Konya
41. Köse H Ö, Ayaz S, Köroğlu B, 2007, ‘Türkiye’de Atık Yönetimi’, Uluslararası Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi Performansı Denetimi Raporu, Ankara, s 2–9
42. Kristensen P, 1994, Recycling of Clay Bricks: Demolition and Reuse of Concrete, E K Lauritzen, E & FN Spon, Londra s. 411–413.
43. Li, Heng, Zhen Chen, Liang Yong ve Stephan C. W. Kong, 2005, ‘Application of Integrated APS and GIS Technology for Construction Waste and Improving Construction Efficiency’ Automation in Construction, sayı 14 (3) s.323–331
44. Limbachiya M C, Koulouris A, Roberts J J, and Fried A N, 2004 ‘Performance of Recycled Aggregate Concrete’, Kingston University, RILEM International Symposium on Environment Conscious Materials and Systems for Sustainable Development, UK
45. Little N D, Epps J A, 2001, The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt, NationalLime Association, USA
46. Magdich P, 1995, ‘The Construction and Demolition Industry’, Construction and Demolition, Pollution Prevention Hand Book, düzenleyen Thomas E. Higgins, Lewis Publishers, Kanada, s. 389-400
47. Mukai T, 1979. Study on Reuse of Waste Concrete for Aggregate of Concrete. Energy and Resources Conservation in Concrete Technology. Japan-US Cooperative Science Programme, San Francisco, s. 8

48. Mukai T, Kikuchi M, Koizumi H, 1978. Fundamental Study on Bond Properties Between Recycled Aggregates Concrete and Steel Bars. Cement Association of Japan, s.168–175
49. Nixon P J, 1978. Recycled Concrete as an Aggregate for Concrete. First State of Art Report RILEM TC- 37-DRC, Materials and Structures (RILEM), 65, s. 378
50. Okagbue C O, ve Onyeobi T U S, 1999. Potensial of marble dust to Stabilise Red Tropical Soils For Road Construction, Engineering Geology, Elsevier Science, sayı: 53, s. 371–380
51. Oktar, A, 2008, Çevre Koruma Müdürü, İstanbul Çevre Koruma Müdürlüğü, röportaj, İstanbul
52. Onat M, 2004, Yapı Malzemelerinin Ekolojik Bir Yaklaşımla Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, s. 101
53. Ölmez E, 2008, İSTAÇ A.Ş. çalışanı, Çevre Mühendisi, arşiv, röportaj, İstanbul
54. Özkan, Elias S T, 2005, The State of Deconstruction in Turkey, Ankara, s. 1–6, 9–18 <http://www.irbdirekt.de/daten/iconda/CIB1301.pdf>
55. Öztürk M, 2005-a, İnşaat / Yıkıntı Atıkları Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, www.cevreorman.gov.tr
56. Öztürk M, 2004-b, Kullanılmış Çeliğin Geri Kazanılması, Ankara, www.cevreorman.gov.tr/belgeler/celik.doc
57. Öztürk M, 2005-c, ‘Kullanılmış Alüminyum Malzemeleri Geri Kazanılması’, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, www.cevreorman.gov.tr/belgeler/aluminyum.doc

58. Öztürk M, 2005-d, Daha İyi Bir Çevre İçin Plastikleri Geri Kazanalım, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, www.cevreorman.gov.tr/belgeler2/plastik.doc
59. Öztürk Ö., Çelikkol M., Erkan M. 2007 “Türkiye Agregası Sektör Raporu” Kasım-Aralık s. 52-56
60. Palabıyık H, Altunbaş D, 2004, ‘Kırsal Katı Atıklar ve Yönetimi’, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar, Ekolojik Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler, C. Marin Yıldırım (Ed.) Beta, İstanbul, s. 103-124
61. Peng C L, Scorpio D E, Kibert, C J, 1997, ‘Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations’ Construct Manag Econ;15(1), s. 49–58
62. Poon C S, 2002, ‘Environmentally Friendly Bricks & Blocks from Recycled Aggregates’, International Conference on Innovation and Sustainable Development of Civil Engineering in the 21st Century, Beijing erişim: <http://www.cse.polyu.edu.hk/~cecspon/gd.pdf>
63. Poon C S, Wan Y A T, Wong, S W ve Cheung E, 2003 ‘Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong, Hong Kong’ Construction Management & Economics, Sayı 22 (7), s. 675, 689
64. Postacıoğlu B, 1975, Betonun İslenebilme Özelliği, Yapı Malzemesi Problemleri, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, s. 126
65. Resource Venture, 2005, ‘Construction Waste Management Guide’ Third Edition, www.resourceventure.org
66. Reilly J. M, 1997, Selection Of Green Building Materials, environmental and Occupational Health Science, New York Medical Collage

67. Schultmann F and Rentz O, 2000, 'The state of deconstruction in Germany'
Edited by Charles J. Kibert and Abdol R. Chini, CIB Report, Publication , USA,
s. 252,
68. Sezgin T, Kuyumcu O, 2007, Demir – Çelik, Demir – Çelik Eşya
T.C.Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi,
Ankara
69. Sustainable Construction, 1994, In Proceedings of the first international
conference of CIB TG 16 Gainesville, Fla
70. Şentürk A, Gündüz L, Tosun Y İ, Sanışık A, 1996, Mermer Teknolojisi, S.D.Ü.,
Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta
71. Tam, Vivian W Y, Tam C M., 2006, 'A Review On the Viable Technology For
Construction Waste Recycling', Resources Conservation and Recycling,
Avustralya ve Hong Kong, sayı. 47 (3),s. 209–221
72. Te Dorsthorst B J H, ve Kowalczyk T, 2005, 'State of Deconstruction in the
Netherlands, Techniques, Economics, and Safety', Editors: Charles J. Kibert,
Abdol Chini, and Charles Hendriks, Hollanda, s. 1, 2, 10–14
<http://web.dcp.ufl.edu/ckibert/DeconstructionBook/>
73. Terzi S, Karaşahin M, 2003, Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu
Karışımında Filler Malzemesi Olarak Kullanımı, TMMOB İnşaat Mühendisleri
Odası, Teknik Dergi, Cilt 14, Sayı 2
74. Topçu İ. B, 1997, 'Physical and Mechanical Properties of Concretes Produced
with Waste Concrete. Cement and Concrete' Research, 27, s.1817–1823
75. Topçu İ B., Şengel S, 2004. Properties of Concretes Produced with Waste
Concrete Aggregate. Cement and Concrete Research, 34,s. 1307–1312
76. TSE 706, 1980, "Beton Agregaları" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

77. Ulucak T, 2008, <http://www.aluminyumsanayi.com/aluwebsayfam1.html>
78. Usta H, 2005, Hazır Beton Sektör Araştırması,
<http://www.isder.org.tr/dosyalar/File/istatistik/HAZIR%20BETON%20SEKTOR%20ARASTIRMASI%202007.pdf>
79. Ünal O, Demir İ, Ergün A, 2003, Mermer Tozu (Havuz Çökeltisi) Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri
80. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Construction_and_demolition_waste
81. Yılmaz B, 2006, Cam Sanayii, T.C.Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara <http://kobi.mynet.com/pdf/cam.pdf>
82. Zenz, G J, 1988, Purchasing And the Management of Materials. 6ht ed. New York: John Wiley & Sons, s 78–80

6. ÖZGEÇMİŞ

Semra Topal, 22 Aralık 1982’de İzmit, Kocaeli’de doğdu. Tavşantepe İlkokulu ve Mehmet Akif İlköğretim Okulu’nun ardından, İzmit Lisesi’nde orta öğretimini tamamladı. 2001 – 2005 yılları arasında, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi’nde mimarlık lisans eğitimi aldı. 2006 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü’nde mimarlık yüksek lisansına başladı. 2008 sonuna kadar İstanbul, Tago Mimarlık’ta çalıştıktan sonra Ankara’ya taşındı, halen özel bir mimarlık ofisinde çalışma hayatına devam etmekte.