

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK ÇERÇEVESİNDE BİR
TASARIM YÖNTEMİ: DEMONTAJA UYGUN TASARIM
(DUT)**

Mimar Yeşim ÇİLOĞLU

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU (Y.T.Ü.)

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı	2
1.2 Araştırmanın Kapsamı	3
1.3 Araştırmanın Yöntemi	3
2. YAPI ENDÜSTRİSİNİN ÇEVREYE ETKİSİ	4
2.1 Türkiye’de İnşaat ve Yıkım Atıkları	7
2.2 Bina Sökümü ve Yıkımı	11
2.3 Türkiye’de Yıkım Endüstrisi	13
2.4 Türkiye’de Endüstriyel Yapım Sistemleri	15
2.5 Sürdürülebilirlik.....	16
2.6 Sürdürülebilir Mimarlık ve Yapım	19
3. DEMONTAJA UYGUN TASARIM - DUT	22
3.1 Demontaja Uygun Tasarım’ ın ortaya çıkışı.....	22
3.2 Tanımlar.....	24
3.3 DUT Prensipleri.....	24
3.4 Zamana Bağlı Bina Katmanları Teorisi.....	28
3.5 Geri Dönüşüm Hiyerarşisi	35
3.5.1 Endüstriyel Ekoloji Alanında Geri Dönüşüm Hiyerarşisi	37
3.5.2 İnşaat Alanında Geri Dönüşüm Hiyerarşisi.....	38
3.6 Dayanıklılık, Adapte Olabilirlik, Esneklik	40
3.7 Endüstriyel Esnek ve Demonte Edilebilir (EED) Bina Sistemleri:	41
3.8 Demontaja Uygun Tasarımın Önündeki Engeller	44
3.9 Demontaja Uygun Tasarım Örnekleri	48
3.9.1 Marie Short Konutu, Avustralya	49
3.9.2 R128 Konutu, Almanya	51
3.9.3 DOMİNO 21, Madrid	53
3.9.4 e-BODE, Avustralya.....	55
3.9.4.1 Sydney Opera Binası Yanında e-BODE.....	58
3.9.4.2 Hunter Vadisi’nde prototip e-BODE	58

3.9.5	Macarthur Bahçeleri Eğitim ve Tanıtım Binası, Sidney, Avustralya	59
3.9.6	Loblolly Evi, Taylor Adaları, Maryland, ABD	62
3.9.7	Örnek Projelerin Karşılaştırılması	65
3.10	Bilgisayar Teknolojilerinin DUT'a etkisi	67
3.10.1	Yapı Bilgi Sistemi - YBS	67
3.10.2	YBS'nin Loblolly Evi'nin Tasarım ve Uygulama Süreçlerine Etkisi	68
3.10.3	DUT'ta Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFT) Teknolojisi Kullanımı	74
3.10.4	Bina Yaşam Sonu Analizi Aracı - BELCANTO (Building End of Life ANalyze Tool)	76
4.	SONUÇLAR.....	79
KAYNAKLAR.....		82
ÖZGEÇMİŞ.....		88

KISALTMA LİSTESİ

AİGM	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
C&DW	<i>Construction & Demolition Waste</i> Yapım ve Yıkım Atıkları
CIB	<i>International Council for Research and Innovation in Building Construction</i> Uluslararası Bina İnşaatında Araştırma ve Yenilik Konseyi
ÇUT	Çevreye Uygun Tasarım <i>Design for Environment – DFE</i>
DUT	Demontaja Uygun Tasarım <i>Design for Disassembly – Design for Deconstruction- DFD</i>
ECCS	<i>European Convention for Constructional Steelwork</i> Avrupa Yapısal Çelik Birliği
EED	Endüstriyel Esnek ve Demonte Edilebilir <i>Industrialised Flexible Demountable - IFD</i>
ELV	<i>End of Life Vehicles</i> Araç Yaşam Çevrimi Sonu
EPR	<i>Extended Producer Responsibility</i> Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu
İUT	İmalata Uygun Tasarım <i>Design for Manufacturing – DFM</i>
MUT	Montaja Uygun Tasarım <i>Design for Assembly – DFA</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
TPB	Türkiye Prefabrik Birliği
US EPA	<i>US Environmental Protection Agency</i> Amerikan Çevre Koruma Ajansı
UICN	<i>The World Conservation Union</i> Uluslararası Dünya Koruma Birliği
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i> Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WWF	<i>World Wildlife Fund</i> Dünya Vahşi Yaşam Fonu
YBS	Yapı Bilgi Sistemi <i>Building Information Modelling - BIM</i>
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi <i>Life Cycle Assessment – LCA</i>
YEMAR	Yapı Endüstri Merkezi Araştırma Bölümü

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Sektörlere göre enerji tüketimi [1] 4
Şekil 2.2	Geleneksel ekonomi modeli (Sev, 2009) 17
Şekil 2.3	Sürdürülebilir ekonomi modeli ve atık üretimi (Sev, 2009). 17
Şekil 2.4	Sürdürülebilir tasarım ve yapım için geliştirilen kavramsal çerçeve (Sev, 2009) 20
Şekil 3.1	Geleneksel Japon Evi [3] 29
Şekil 3.2	Cedric Price, Eğlence Sarayı [4] 30
Şekil 3.3	Pompidou Merkezi [5] 30
Şekil 3.4	Plug In City – Archigram [6] 31
Şekil 3.5	Nakagin Kapsül Evi [7] 32
Şekil 3.6	Takara Pavilyonu, 1970 Dünya Fuarı, Japonya [8] 33
Şekil 3.7	6S diyagramı (Brand, 1994). 34
Şekil 3.8	İnşaat alanındaki yaşam döngüsü modeli: “Beşikten Mezara” (Crowther, 2001). 35
Şekil 3.9	İnşaat alanındaki alternatif yaşam döngüsü senaryoları (Crowther, 2005). 37
Şekil 3.10	Atık hiyerarşisi [10] 40
Şekil 3.11	Marie Short konutu [11] 49
Şekil 3.12	Marie Short konutu 1975 orjinal planı ve 1981 genişleme planı (Guy ve Ciarimboli, 2005). 50
Şekil 3.13	Marie Short konutu iç mekanı [12] [13] 51
Şekil 3.14	R128 konutu [14] 51
Şekil 3.15	İç mekan detayları [14] 52
Şekil 3.16	Domino 21 strüktür ve imalat (Montaner vd., 2006). 54
Şekil 3.17	Şematik kesit (Montaner vd., 2006). 54
Şekil 3.18	İç mekanda hareketli paneller ve kat planı (Montaner vd., 2006). 55
Şekil 3.19	e-BODE [15] 56
Şekil 3.20	e-BODE imalat aşamaları [16] 56
Şekil 3.21	e-BODE kaplama ve çatı örtüsü [15] 57
Şekil 3.22	e-BODE iç mekan [15] 57
Şekil 3.23	Vinçle fuar alanına yerleştirilen e-BODE [15] 58
Şekil 3.24	Hunter Vadisi’ne taşınarak yeniden kurulan e-BODE [15] 58
Şekil 3.25	Macarthur bahçeleri eğitim ve tanıtım binası [17] 59
Şekil 3.26	Prekast beton strüktür [17] ve prekast tavan elemanı detayı [18] 60
Şekil 3.27	Cephe görünüşleri [18] 60
Şekil 3.28	Plan [19] ve zemindeki dekoratif bitiş [18] 61
Şekil 3.29	İç mekan görünüşleri [18] 61
Şekil 3.30	Loblolly Evi (Kirean ve Timberlake, 2008) 62
Şekil 3.31	Ahşap giydirme cephe detayı [20] ve 3 boyutlu görüntüsü [21] 63
Şekil 3.32	Katlanarak güneşlik olan doğu duvarı ve şematik kesitleri [21] 64
Şekil 3.33	İç mekan ve zemin bitiş detayı [22] 64
Şekil 3.34	Loblolly Evi’nin YBS’de modellenmiş 3boyutlu görüntüsü [21] 68
Şekil 3.35	Dış merdiven ile alüminyum iskelet sisteminden bir bağlantı detayı [21] 69
Şekil 3.36	Alüminyum iskelet sisteminden bir eleman ve ona yüklenmiş olan bilgilerin listesi [21] 70
Şekil 3.37	Loblolly Evi, montaj – demontaj aşamaları şeması [21] 71
Şekil 3.38	Strüktürü oluşturan alüminyum çerçevenin tasarım, imalat ve montaj aşamaları [21] 72
Şekil 3.39	Panel ve kutu bileşenlerinin imalatı [21] 72
Şekil 3.40	Kutular [21] 73

Şekil 3.41	Loblolly Evi'nin bileşenleri [24]	73
Şekil 3.42	RFT etiketleri içeren bir donanım örneği (Paterson vd., 2007).	75
Şekil 3.43	Demontaj sahasından gerçek zamanlı olarak gönderilen verilerin işlenmesiyle otomatik olarak oluşturulmuş YBS modeli (Paterson vd., 2007).	76
Şekil 3.44	BELCANTO karar destek sistemi şeması (Dorsthorst, 2001).	78

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 İnşaat ve yıkım atıkları miktarı (Khawaja, 2005).	5
Çizelge 2.2 Ülkelere göre inşaat ve yıkım atıkları miktarı	6
Çizelge 2.3 İllere göre inşaat ve yıkıntı atıkları miktarları	8
Çizelge 2.4 1990-2000 arasında inşaat malzemesi ihtiyacı ve atık miktarı tahmini (Baytan, 2007)	9
Çizelge 2.5 Türkiye’de meydana gelmiş iki büyük deprem sonrası zarar gören binalar (Elias-Özkan 2003a)	9
Çizelge 3.1 DFD prensipleri ve hiyerarşik geri dönüşüm katmanlarıyla ilişkisi (Crowther, 2005).....	26
Çizelge 3.2 Hollanda’da esnek demonte edilebilir prekast beton strüktür sistemleri	43
Çizelge 3.3 DUT önündeki genel geçer engeller (Story ve Pederson 2003).	45
Çizelge 3.4 Örnek projelerin karşılaştırılması	66
Çizelge 3.5 Barkot ile RFT Teknolojilerinin karşılaştırılması (Paterson vd., 2007).	75

ÖNSÖZ

Tez kapsamında ele alınan kavramlarla tanışmamı sağlayan Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı öğretim üyelerine, tez çalışması sırasında beni yönlendiren, bilgi ve kaynaklarını paylaşan, her zaman ulaşılabilir olan, değerli zamanını ayırarak tezin ilerlemesine katkıda bulunan tez danışmanım Doç Dr. Birgül Çolakoğlu'na çok teşekkür ederim.

Eşim Tolun Çiloğlu'na anlayışı ve sabrı için, ailem Sevinç ve İsmail Çiloğlu ile Münevver ve Necati Sansarcı'ya beni her zaman destekledikleri ve bu çalışma sırasında ihtiyacım olan zamanı bana yarattıkları için içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İnşaat endüstrisi diğer tüm endüstrilerden daha fazla enerji tüketmektedir. Her yıl milyonlarca ton yapım ve yıkım atığı, kontrolsüz bir şekilde doğaya terk edilmekte ve onarılması güç çevre sorunlarına neden olmaktadır. Sürdürülebilirlik, devam edebilme kapasitesidir. İnşaat ve mimarlık alanında, geleneksel tasarım ve yapım yöntemleri sürdürülemez niteliktedir. Demontaja Uygun Tasarım (DUT), sürdürülebilirliğe katkıda bulunacak bir tasarım yöntemi olarak ortaya çıkmaktadır. Mimaride DUT, bir binanın yaşam döngüsü süresince geçireceği tüm aşamaların, erken tasarım evresinde planlanmasını gerektirir. Bu sayede, bina bileşenleri, alt bileşenleri, malzemeleri, hatta binanın tümü ikinci bir yaşam şansına sahip olabilecektir. DUT, yeni malzeme tüketimini ve atıkları azaltmayı, olumsuz çevre etkilerinden kaçınmayı, binaların yaşam sürelerinin arttırılmasını ve yaşam süresi sona eren binaların yeni binalar için malzeme stoğu olmasını amaçlamaktadır. DUT, yıkıma karşı alternatif bir yöntemdir.

DUT, geleneksel inşaat süreçlerine ilave olarak yaşam sonu senaryolarını da içerdiğinden daha titiz bir planlama ve kontrol gerektirmektedir. Yapısı itibarıyla, bir çok bileşenden meydana gelen, çok katmanlı, çok sayıda katılımcının dahil olduğu tasarım ve inşaat süreçlerinin kontrolü, ancak sistematik bir yaklaşımla mümkün olabilmektedir. Bu sistematik yaklaşım, Yapı Bilgi Sistemleri (YBS)'nin DUT'a entegre edilmesi ile mümkün olabilir. YBS bir binanın yaşam döngüsü boyunca türetilen tüm bilgilerinin, sistematik olarak bir arada tutulduğu, bütünleşik bir süreçtir. Proje üzerinde çalışan tüm profesyonellerin eşzamanlı olarak çalışmalarına imkan tanıyan YBS, disiplinlerarası koordinasyon sağlamaktadır. Değişikliklerinin veritabanında işlenerek anında tüm projeye yansıtılması, zaman ve kaynak israfına neden olan hataları önlemektedir. DUT'un en önemli savlarından biri olan sürdürülebilirliğe ulaşmada süreç kontrolünün sağlanması bakımından YBS kullanımı çok büyük avantaj sağlamaktadır.

Bu tezin amacı DUT yönteminin mimari çevrelerde kabul görmesi ve yaygınlaşması için rehber niteliğinde bir yayın hazırlamaktır.

Anahtar kelimeler: Demontaja uygun tasarım, DUT, sürdürülebilirlik, yapı bilgi sistemleri, YBS, yaşam döngüsü yönetimi, yapım ve yıkım atıkları, geri dönüşüm, yeniden kullanım

ABSTRACT

Construction industry consumes more energy than any other sector. Every year million tons of construction and demolition waste are being dumped and are leading to environmental problems which are difficult to restore. Sustainability is the capacity to endure. In the construction and architecture area, conventional methods of design and construction are unsustainable. Design for Disassembly (DfD) arises as a method that contributes sustainability. In architectural area, DfD requires planning life cycle of a building in the early stage of design. Thus, building assemblies, sub-assemblies, materials, even the whole building could have a chance of second life. DfD aims to reduce new material consumption and waste amounts, to avoid negative environmental impacts, to increase the lifespan of buildings and to be a material stock for buildings which have come to the end of their lifespans. DfD is an alternative method versus demolition.

In addition to conventional construction processes, DfD requires more careful and meticulous design and control because it also involves end of life scenarios. Since it is composed of numerous constituents, has a lot of levels and involves numerous participants, control of the design and construction processes can only be possible with a systematic approach. This systematic approach can be possible by integrating Building Information Modelling (BIM) into DfD. BIM is an integrated process in which all the information generated during the life cycle of a building is gathered systematically. BIM provides interdisciplinary coordination by enabling all the professionals to work concurrently. Revisions which are processed in the database are simultaneously corrected and this prevents errors which cause delays and source wastage. As one of the most important arguments of DfD; reaching sustainability by the aid of BIM has many advantages to provide control of process

The aim of the thesis is to prepare a guide which will help DfD to gain recognition and become a widespread method in the area of architecture.

Keywords: Design for disassembly, design for deconstruction, DfD, sustainability, building information modelling, BIM, life cycle management, construction & demolition waste, C&DW, recycling, reuse

1. GİRİŞ

Dünya, Endüstri Devrimi'nden günümüze kadar geçen kısa süre içinde insan aktiviteleri neticesinde, daha öncesinde hiçbir dönemde olmadığı kadar kirlenmiş, doğal kaynaklar düşüncesizce tüketilmiş, yeryüzünün taşıma kapasitesi zorlanmıştır. İnşaat endüstrisinin bu kirlenmedeki payı inkâr edilemez boyuttadır. İnşaat, yenileme ve yıkım faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atıklar, ciddi çevre sorunlarına yol açmaktadır.

Binaların inşaat, yenileme ve yıkım süreçleri, atık miktarlarının giderek artmasına neden olmakta ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer taraftan, geri kazanım, yeniden kullanım, geri dönüşüm veya yeniden satış amacıyla demontaj, bir bina ya da strüktürün dikkatli bir şekilde bileşenlerine, alt bileşenlerine ve malzemelerine ayrılmasıdır. Demontaja Uygun Tasarım (DUT) yöntemi ile planlanan binalarda, olumsuz çevresel etkiler en aza indirilmeye çalışılmakta, inşaat malzeme ve bileşenleri için yeniden kullanım olanakları oluşturulmaktadır.

Süregelen tasarım yöntemlerinde, binaların yaşam döngüleri, inşa etme yöntemlerinde ise çevresel etkileri dikkate alınmamaktadır. Projelerin başarısı, zamanında teslim edilmesi ve bütçe sınırlarında kalmasıyla ölçülmektedir. Çevresel ve ekonomik avantajları göz önünde tutan gelişmiş ülkelerde ise, son yıllarda binaların demontajı önem kazanmıştır. Binaların demonte edilmesi sayesinde, yeniden kullanılacak veya geri dönüştürülecek bileşen, alt bileşen ve malzeme miktarları artmakta ve olumsuz çevresel etkiler ile yeni malzeme ve kaynak ihtiyacı azalmaktadır.

Tasarım ve inşaat süreci birçok bileşenden meydana gelen, katmanlı, çok sayıda katılımcısı olan, sürekli yenilenen karmaşık bir yapıya sahiptir. Teknolojinin tasarım ve inşaat süreçlerine entegre edilmesi, bu çok katmanlı ve karmaşık yapının kontrol altında tutulması açısından önemlidir. Yapı Bilgi Sistemleri (YBS), bir binayı tanımlayan tüm bilgilerin bir arada tutulduğu veritabanını temel alan, mimar ve mühendislerin eş zamanlı çalışmasına imkan tanıyan, parametrik bir yapıya sahiptir. DUT yöntemi, bina yaşam sonu süreçlerini de dikkate aldığından, geleneksel tasarım yöntemlerinden daha geniş bir bakış açısına ve daha sıkı kontrole ihtiyaç duymaktadır. Bu kontrole, ancak YBS gibi bütünleşik tasarıma imkan veren sistematik bir yaklaşımla ulaşılabilir.

DUT yöntemi ve sürdürülebilir mimarlık ilkeleri arasında, yenilenmeyen kaynak tüketiminin azaltılması ile kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı, enerji etkinliği gibi konularda

paralellik bulunmaktadır. Yapı endüstrisinin oluşturduğu çok yüksek miktarlardaki atıkların bileşen, alt bileşen, malzeme ve enerji olarak değerlendirilme potansiyeli vardır. Bu potansiyelin farkına varılması, mimaride DUT yönteminin yaygınlaşması ile mümkün olacaktır.

1.1 Araştırmanın Amacı

DUT yöntemi, otomotiv, gemi ve uçak inşaatı endüstrileri ile ürün mühendisliği alanlarında olduğu gibi, mimarlık alanında yaygın ve kabul görmüş bir sistem değildir. Bu çalışmanın amacı, DUT yönteminin araştırılması vasıtasıyla, bina inşaatı alanında aktif görev alan profesyonellerin ve eğitim gören mimar-mühendis adaylarının, yöntemin sistematikliğini kavramaları, getireceği ekonomik, sosyal ve çevresel faydaların farkına varmalarının sağlanması için rehber niteliğinde bir yayın hazırlamaktır.

DUT yöntemi sayesinde, tasarımcılar binaların yaşam döngülerini de değerlendirmek durumunda olacaklarından, daha geniş bir bakış açısına sahip olacaklar, binaları yalnızca estetik, fonksiyon, maliyet, süre açısından değil aynı zamanda, ekolojik dengeler açısından da inceleyeceklerdir.

Her yeni yöntemde olduğu gibi, DUT yönteminde de kabul görme, yaygınlaşma, uygulama açısından zorluklar vardır. Bu tez çalışmasında, DUT önündeki zorluklar ve engellere de yer verilmiş, tasarımcıların bu engelleri aşmada yarar sağlayacak prensiplerden ve teknolojik gelişmelerden haberdar olmaları amaçlanmıştır.

DUT yöntemi ile inşa edilmiş başarılı örneklerin, zamana bağlı katmanlar teorisi bağlamında incelenmesi sayesinde projelerin ortak özellikleri tespit edilmiş, teori ve pratiğin uyumu gözler önüne serilmiştir.

Türkiye’de, inşaat sektörünün neden olduğu olumsuz çevresel etkilerin büyüklüğünün tespit edilmesi amacıyla, bu sektörün oluşturduğu atık miktarları araştırılmıştır. Demontaj yerine yıkımın seçilmesinin nedenleri tespit edilerek, DUT yöntemine katkıda bulunması amaçlanmıştır.

DUT, endüstriyel bir yapım yöntemi olarak ele alındığında getirdiği faydalar tespit edilmiş (bkz. Loblolly Evi), Türkiye’deki endüstriyel yapım yöntemlerinin özelliklerinden bahsedilerek, DUT yöntemi, endüstriyel yapım süreçlerine entegre edildiği takdirde sağlanacak yararlar belirtilmiştir.

1.2 Araştırmanın Kapsamı

Yapı endüstrisinin çevre ile olan ilişkisi tespit edilmiş, yaygın inşaat yöntemlerinin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden bahsedilirken, bu etkiler istatistiki verilerle belgelenmiştir. Yıkım ve söküm arasındaki farklar tanımlanmış, Türkiye’deki yıkım ve söküm işlerinin yasal çerçevesi sunulmuştur. İnşaat sektörünün olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla yapım, yıkım ve söküm işleri neticesinde ortaya çıkan atık miktarları araştırılmıştır. Mevcut inşa etme yöntemlerinin sürdürülemez olduğu belirlenmiş, DUT yönteminin sürdürülebilir mimarlık bağlamındaki yeri tespit edilmiştir. DUT tanımları, prensipleri, gelişimi ve DUT önündeki engeller açıklanmıştır. Endüstri tasarımı alanında DUT’un sağlamış olduğu yararlar belirtilmiş, bunların mimarlık alanına entegre edilmesi gerekliliğinden bahsedilmiştir. Başarılı DUT örnekleri, zamana bağlı katmanlar teorisi çerçevesinde sistematik olarak incelenmiştir. Ortak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla projeler tablolanmıştır. Gelişen bilgisayar teknolojilerinin DUT süreçlerine etkileri örneklerle açıklanmıştır. Özellikle Yapı Bilgi Sistemlerinin bütünsel tasarım sistemi sayesinde DUT sürecine büyük katkısı olduğu vurgulanmıştır.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Konuyla ilgili kavramlar incelenmiş, Demontaja Uygun Tasarım yönteminin bağlamı tespit edilmiştir. Literatür taraması yapılmış, konuyla ilgilenen uzmanların ve çalışma gruplarının yayınları incelenmiştir. Mimaride oldukça yeni olduğu tespit edilen kavramın ortaya çıkışındaki aşamalara değinilmiştir. Yapı endüstrisinin çevreyle ilişkisi incelenmiş, kullanım ömrü bittiğinde, binaların yıkılıp atık havuzlarına yollanması yerine, bunlardan nasıl faydalanılacağı anlatılmıştır. DUT’un mimari tasarıma nasıl entegre edileceği belirlenmiş, mevcut tasarlama biçimindeki zorluklar ve engeller belirtilmiştir. Örnek projeler incelenmiş, bilgisayar teknolojilerindeki gelişimlerin DUT’ a etkisi araştırılmıştır. Türkiye’deki söküm işleri ve endüstriyel yapım sistemleri incelenmiştir.

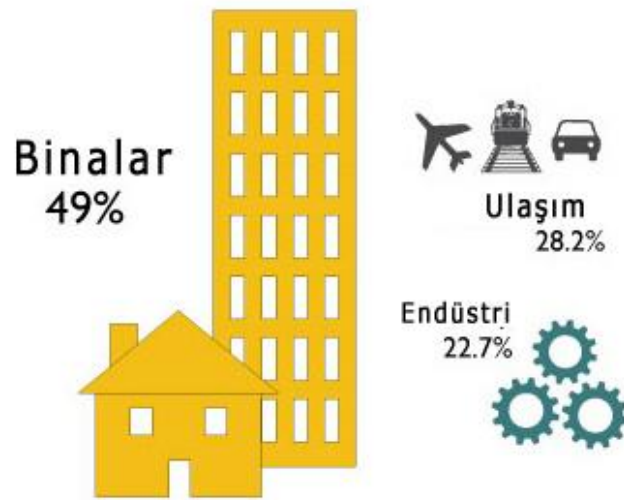
2. YAPI ENDÜSTRİSİNİN ÇEVREYE ETKİSİ

Çevre sorunlarının temelinde, kaynak tüketimi ve doğal çevre arasındaki dengesizlik yatmaktadır. Endüstri devrimi sonrasında artan teknolojik gelişmeler, insan nüfusunun artışı ve kullan at mantığının egemen olduğu ekonomik yapı nedeniyle yeryüzünün taşıma kapasitesi zorlanmaktadır. İnsanın varlığını sürdürebilmesi, doğadan sağlanan kaynakların devamı ve dünyanın, insanoğlunun yarattığı kirliliği yok etme kapasitesine bağlıdır. Yapı endüstrisinin çevre sorunlarındaki payı oldukça fazladır.

Her yıl küresel ekonomiye dahil olan ham maddelerin 1/3'ünden fazlasını inşaat endüstrisi kullanmaktadır (Sherman, 1998). Bu endüstri, dünya çapında üretilen enerjinin %50'sini tüketmektedir (Sev ve Özgen, 2003).

İnşaat, yenileme ve yıkım aktivitelerinden dolayı muazzam miktarlarda atık ortaya çıkmakta ve her yıl bu miktarlar artmaktadır. Kentler atıkların büyük bir kısmından sorumludur. Bu atıkların yaklaşık %70'i arıtmadan biyosfere karışmaktadır. Küresel karbon emisyonunun %40-50'si yapılar, %25'i ulaşım araçları, %25'i de endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır (Sev, 2009).

Amerikan Enerji Bilgilendirme Dairesi'nin (U.S.Energy Information Administration-EIA) 2009 verilerine göre, İnşaat Sektörü, Amerika'da üretilen enerjinin neredeyse yarısını (%49) tüketmektedir. Amerika'da üretilen elektriğin %77'si binaların işletilmesinde kullanılmaktadır. CO₂ emisyonunun %46.9'u İnşaat Sektörü tarafından salınmaktadır. Buna karşılık ulaşım %33.5, endüstri %19.6 oranında CO₂ emisyonu salgılamaktadır. [1]



Şekil 2.1 Sektörlere göre enerji tüketimi [1]

Amerikan Çevre Koruma Ajansı'nın (United States Environmental Protection Agency - US EPA) verilerine göre, Amerika'da 2003 yılında toplam 170 milyon ton inşaat yapım ve yıkım atığı üretilmiştir. Bu atıkların %9'u yeni inşaatlardan %42'si yenileme, %49'u yıkım sonucu oluşmuştur. 170 milyon ton atığın %39'u konutlardan %61'i konut haricindeki yapılardan oluşmaktadır. Bu verilerin ışığında oluşan atıkların çok büyük kısmının yenileme ve yıkım faaliyetlerinden meydana geldiği söylenebilir. (Guy ve Ciarimboli, 2005)

2000-2030 yılları arasında Amerika'da toplam inşa edilmiş alanın 27.5milyar metrekareden, 39.7milyar metrekareye ulaşacağı öngörülmektedir (Nelson, 2004). Bu büyüme neticesinde 7.7milyar metrekare alana sahip binanın, mevcut binaların yerini alacağı ve 12.2milyar metrekare alana sahip yeni binanın inşa edileceği hesaplanmıştır. Bu demek oluyor ki;2000 yılında var olan binaların %27'si 2000-2030 yılları arasında yerlerini yenilerine bırakmış olacak ve 2030 yılındaki binaların %50'si yeniden inşa edilmiş olacaktır.

Çeşitli ülkelerdeki inşaat ve yıkım atıkları miktarları çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 İnşaat ve yıkım atıkları miktarı (Khawaja, 2005).

Ülke	Yıllık inşaat ve yıkım atıkları miktarı Milyon ton	Katı atıklar içindeki yüzdesi	Referans
Kanada	11.2	-	Christensen, 1994
Avrupa Toplam	180	-	McGrath, Fletcher & Bowes, 2000
Fransa	25	-	Ruch vd. 1994
Almanya	45	%60	Schultmann & Rentz, 2000 Brooks, Adams & Demsetz, 1994
İsrail	0.35 – 0.7	%60	Katz, 2000
İtalya	34	-	Bresi, 1994
Japonya	-	%20	Futaki 2000
Hollanda	15	-	Van Dijk, Boedianto, Dorsthorst & Kowalczyk, 2000
Norveç	1.5	-	Myhre, 2000
İngiltere	53	-	McGrath, Fletcher & Bowes, 2000
ABD	136	%33	Kibert, Chini & Languell, 2000

Uluslararası Bina İnşaatında Araştırma ve Yenilik Konseyi (CIB), Çalışma Grubu 39, bina demontajı ve malzeme yeniden kullanımının, yıkıma karşı geçerli bir seçenek olabilmesi için dünya çapında teknik, ekonomik ve yasal konuları araştıran, analiz yapan ve raporlar yayınlayan bir grup olarak 5 Mayıs 1999'da Gainesville, Florida'da kurulmuştur. "Seçilen Ülkelerde Bina Demontajına Genel Bakış" adlı ilk yayınlarında sekiz ülkedeki yapı sökümünün durumunu değerlendirmişlerdir. Bu ülkeler Avustralya, Almanya, İsrail, Japonya, Hollanda, Norveç, İngiltere ve Amerika'dır. Bu raporlara göre, Avustralya'da toplam yıllık atık miktarı 14 milyon ton civarındadır. Bu atıkların %14 ila 40'ı yapım ve yıkım atıklarından meydana gelmektedir. Almanya'da yıkım atıkları miktarı, yıllık 45 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Bunun %25'i beton, % 50'si taş ve tuğladır. İsrail'de inşaat atıkları miktarı, yıllık 350.000 – 700.000ton civarındadır. Japonya'da inşaat atıkları endüstriyel atıkların %20'sini oluşturmakta ve atık depolama alanlarının %40'ını kaplamaktadır. İnşaat atıklarının %90'ı yasalara aykırı şekilde atılmaktadır. Hollanda'da yapım ve yıkım atıkları, yılda 14 milyon ton civarındadır. Katı hükümet politikaları sayesinde, bu atıkların %80'i başka inşaatlarda ve genellikle yol inşaatı altyapısında kullanılmaktadır. Norveç'te 978.000tonu yıkım atığı olmak üzere toplam yapım ve yıkım atıkları miktarı yıllık 1.5milyon tondur. Avrupa'da, yıllık yapım ve yıkım atıkları miktarı 180 milyon ton civarındadır. Bu miktarın %28'i yeniden kullanılmakta veya geri dönüştürülmektedir. İngiltere'de, yılda 53 milyon ton yapım ve yıkım atığı üretilmekte, bunun yaklaşık 24 milyon tonu geri dönüştürülmektedir (Kibert ve Chini, 2000a). Bu veriler çizelge 2.2'de topluca verilmiştir.

Çizelge2.2 Ülkelere göre inşaat ve yıkım atıkları miktarı

Ülke	Atık Miktarı (Milyon Ton)
Avustralya	1,96 – 5,6
Almanya	45
İsrail	0,35-0,70
Japonya	Belirtilmemiş
Hollanda	14
Norveç	1,5
İngiltere	53
Avrupa	180

2.1 Türkiye’de İnşaat ve Yıkım Atıkları

Türkiye’de inşaat ve yıkım atıklarından sorumlu kuruluş Çevre ve Orman Bakanlığı, ilgili kurum Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’dir. En güncel Türkiye Çevre Durum (ÇED) Raporu 2007 yılına aittir. Türkiye ÇED Raporu 2007’de belediyeler tarafından toplanan katı atık miktarları verilmiştir. Katı atıklar organik atıklar, kül cüruf, taş toprak ve geri kazanılabilir atıklar olarak sınıflandırılmıştır. 2003 yılında, 26.1milyon ton katı atık belediyeler tarafından toplanmıştır. Aynı raporda sanayi sektörüne ait imalat ve atık verileri de belirtildiği halde inşaat sektörünün ürettiği atık miktarı ile ilgili bir veriye rastlanmamıştır.

İnşaat ve yıkım atıkları ile ilgili ilk düzenleme 18mart 2004 tarihli “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği”dir. Baytan’a (2007) göre bu tarihten önce katı atıklar ve tehlikeli atıklarla ilgili düzenlemeler olmasına rağmen inşaat ve yıkım atıkları ayrıca belirtilmemekteydi.

Mevcut Yönetmeliğin yayınlanmasından önce, üretilen inşaat ve yıkım atıkları, İstanbul’un değişik bölgelerindeki şahıs ve kamu arazilerine, herhangi bir projeye veya izne tabi olmaksızın dökülmekteydi. Hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıklarının döküldüğü bu sahalar planlarda belirtilmediği ve dökülen atığın miktarı da belli olmadığı için, gelişigüzel dökülen bu hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıklarının üzerine de plansız bir şekilde gecekondular ve binalar yapılmaktaydı. (2008-2009 İstanbul ÇED Raporu s:285)

Elias-Özkan’a (2003b) göre, Türkiye’deki yapım ve yıkım atıkları, resmi ya da resmi olmayan herhangi bir kurum tarafından toplanmamakta ve Türkiye’de inşaat endüstrisinin ne kadar atık ürettiği bilinmemektedir. 2003 yılından 2010 yılına gelindiğinde durumun değişmediği gözlemlenmektedir. 81 ilin güncel ÇED raporları incelendiğinde yalnızca 8 ilde hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları verilerine rastlanmıştır. Bu iller: İstanbul, Bursa, Sakarya, Gaziantep, Bartın, Bingöl, Gümüşhane ve Hatay’dır. Elde edilen veriler Çizelge 2.3’de belirtilmiştir. Diğer illerde inşaat ve yıkıntı atıklarının kontrolsüz ve denetimsiz bir şekilde doğaya bırakıldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.3 İllere göre inşaat ve yıkıntı atıkları miktarları

İl	İnşaat ve yıkıntı atığı miktarı	Referans
İstanbul	11milyon m ³	İstanbul ÇED 2008-2009 sy:284
Bursa	2.696 ton	Bursa ÇED 2009 sy: 391
Sakarya	15ton/gün	Sakarya ÇED 2008 sy:259
Gaziantep	639.498 m ³ 2009 538.142 m ³ 2008 300.506 m ³ 2007	Gaziantep ÇED 2009 sy:284
Bartın	6.350kg/gün	Bartın ÇED 2009 sy:200
Bingöl	Günlük 60 ton katı atığın yaklaşık %60'ı 36ton/gün	Bingöl ÇED 2009 sy:132
Gümüşhane	Günlük 30 ton katı atığın %5.8'i =>1,74ton/gün	Gümüşhane ÇED 2009 sy:241
Hatay	Günlük 450ton katı atığın %9,2'si => 41,4ton/gün	Hatay ÇED 2009 sy:351

Elias-Özkan'a (2003b) tarafından Ankara'da yürütülmüş olan bir projede, yalnızca Çankaya Belediyesi'nde yılda 46.738m³ inşaat atığı miktarı belirlenmiştir. Bu miktara yasal olmayan yollardan doğaya bırakılan atıklar dahil değildir. Esin ve Coşgun (2007) tarafından yürütülen bir başka projede ise İstanbul'da yıkım ve yenileme faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atık miktarı konut başına yıllık 39kg. olarak belirtilmiştir. Atık bileşenlerinde seramik karo %41'lik payıyla en üstte yer alırken ahşap, doğal taş ve cam onu takip etmektedir.

Baytan (2007), 1990 ve 2010 yılları arasında Türkiye'de inşaat malzemeleri ihtiyacı ve atık miktarları ile ilgili öngörude bulunmuştur. Detayları Çizelge 2.4'te görülen inşaat malzemeleri çimento, çelik, çatı kiremidi, tuğla, seramik karo, cam, kireç, kum-çakıl, ahşap olarak verilmiştir. Oluşan atık miktarı, yeni inşaatlarda kullanılacak malzeme miktarlarının %10'u olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirmede, binalardaki değişikliklerden meydana gelecek olan atıklar dikkate alınmamıştır. Bina atıklarının büyük kısmının değişikliklerden meydana geldiği dikkate alındığında, gerçek atık miktarının bu çizelgedekinden daha fazla olduğu söylenebilir.

Çizelge 2.4 1990-2000 arasında inşaat malzemesi ihtiyacı ve atık miktarı tahmini (Baytan, 2007)

	Yıllar	Çimento (Bin Ton)	Çelik (Bin Ton)	Kiremit (Bin adet)	Tuğla (Bin adet)	Seramik karo (Bin adet)	Cam (Bin m ²)	Kireç (Ton)	Kum- Çakıl (Bin m ²)	Ahşap (Bin m ²)
Tahmini malzeme ihtiyacı*	1990-1995	52.083	6.987	859.742	14.525.209	2.677.146	26.185	2.064.050	203.631	17.055
	1995-2000	66.133	8.872	1.091.674	18.443.662	3.399.358	33.249	2.620.367	258.564	21.655
	2000-2005	81.608	10.948	1.347.111	22.759.236	4.194.763	41.029	3.234.115	319.065	26.722
	2005-2010	104.357	14.000	1.722.635	29.103.645	5.364.103	52.467	4.135.663	408.008	34.172
Tahmini atık miktarı**	1990-1995	5.208	698	85.974	1.452.520	267.714	2.618	206.405	20.363	1.705
	1995-2000	6.613	887	109.167	1.844.366	339.935	3.324	262.036	25.856	2.165
	2000-2005	8.160	1.094	134.711	2.275.923	419.476	4.102	323.411	31.906	2.672
	2005-2010	10.435	1.400	172.263	2.910.364	536.410	5.246	413.566	40.800	3.417

*Kaynak M. Cüneyd Düzyol, 1997, "Türkiye'de Bina İnşaatı Sektörü ve 1990 -2010 Dönemi Bölgesel İhtiyaç Tahmini" SPO Uzmanlık Tezi, Ekonomik Sektörler ve Koordinasyon Genel Expertise Thesis, Economic Sectors and Coordination General Başkanlığı, Devlet Planlama Enstitüsü s:88

** Değerler kaynaktan alınan verilerden %10luk atık miktarı tahminiyle oluşturulmuştur.

Önemli miktarda inşaat atığına neden olan bir başka etken ise doğal afetlerdir. Türkiye, deprem kuşağında yer alan bir ülkedir. 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Adana, Ağustos 1999 Marmara, Kasım 1999 Düzce, 2000 Çorum ve 2002 Afyon'da kuvvetli depremler meydana gelmiştir. Bu depremler arasında en yıkıcı olanları Adana ve Marmara bölgelerinde meydana gelmiş ve her bir bölgede 82.000 civarında bina zarar görmüştür. Marmara depremi sonrasında, felakete uğrayan bu bölgelerde yıkım ve söküm işleri, saha temizliği ve enkaz kurtarma aktivitelerini tespit amacıyla, belediye, özel sektör ve bireysel katılımlarla bir çalışma düzenlenmiştir. Bu çalışma neticesinde, mümkün olan en fazla miktarda malzemeyi kurtarmak için tehlikeli şekilde eğilmiş olan binalarda dahi söküm işlerinin yapıldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2.5 Türkiye'de meydana gelmiş iki büyük deprem sonrası zarar gören binalar (Elias-Özkan 2003a)

Zarar derecesi	Adana (1998)	Marmara (1999)
Yıkılmış/ciddi hasar görmüş binalar	9.489	29.752
Orta hasarlı binalar	21.283	22.576
Az hasarlı binalar	51.781	30.520
Toplam	82.553	82.848
Kaynak	AGİM (Afet İşleri Genel Müdürlüğü)	www.sakarya.gov.tr

Tamamen yıkılmış olan binalar kepçe yardımıyla kamyonlara yüklenmiş, atık sahalarına gönderilmiştir. Tüm bina enkaz haline dönüştüğünden çatı kiremitlerinden başka bir malzeme kurtarılamamıştır.

Kısmen yıkılmış binalar, eskavatör, vinç ve buldozerler yardımıyla yıkılmış oluşan moloz yığını damperli kamyonlarla atık sahalarına taşınmıştır. Bununla birlikte, yıkımdan önce bazı bina bileşenlerinin kurtarıldığı gözlenmiştir. Daha sonra yıkılmak üzere işaretlenmiş olan binalardan da seçici söküm yapıldığı tespit edilmiştir.

Yıkım işlerin çoğu eskavatörler tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu işlem çok büyük miktarda kirlilik yaratmasının yanı sıra oldukça da tehlikelidir. Dahası gelişigüzel yıkım işlemi geri kazanılabilecek malzeme miktarını da oldukça azaltmıştır.

Binalardan kurtarılan malzemeler her türlü çelik ve alüminyum bileşenler, kapı ve pencereler, çelik donatılar, tesisatlar, banyo ve mutfak aksesuarları, çatı kiremitleri, dolaplar, ızgaralar, ahşap çatılar, döşeme tahtaları olarak belirlenmiştir.

Adana depremi sonrasında ortaya çıkan molozlar Ceyhan ve Seyhan nehirlerine dökülmüş, bu durum nehir yatağının daralmasına neden olmuştur. Bu nedenle atıkların bir kısmı daha sonra yol inşaatında dolgu yapılmak üzere nehir kenarlarından çıkarılmıştır.

Öncelik tehlikeli şekilde yıkılmış veya yıkılmak üzere olan binalardan en kısa sürede kurtulmak olduğundan, söküm işleri büyük bir hızla ve işçi güvenliği gözetilmeden sürdürülmüştür. Yeniden kullanılabilecek olan kaynaklar, çevre gözetilmeden nehirlerle atılarak kaynaklar boşa harcanmıştır (Elias-Özkan, 2003a).

TUİK'in resmi web sitesinde [26] belirtildiği üzere inşaat ve yıkım atıklarının verileri 2010 yılından itibaren Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından derlenerek, internet üzerinden Türkiye ölçeğinde kullanıcılara sunulacaktır. Henüz bu veriler yayınlanmamıştır.

İnşaat alanında kullanılan malzemeler ve bileşenler ile süregelen yapım yöntemlerinin sebep olduğu olumsuz çevresel etkilerin büyüklüğünün tespiti, konu ile ilgili farkındalık yaratılması, gereken önlemlerin alınması, DUT gibi yöntemlerin faydalarının daha iyi anlaşılması ve destek görmesi açısından önem taşımaktadır.

2.2 Bina Sökümü ve Yıkımı

Bu bölümde öncelikle bina sökümü ve yıkımı arasındaki farklar belirtilmiştir. Türkiye’de bina söküm ve yıkım pratikleri incelenmiş, yıkım ve söküm yöntemleri belirtilmiştir. Türk inşaat sektörünün ürettiği atık miktarı araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, Türkiye’de bir yıkım sektörü olduğu tespit edilmiş, bunların yıkımdan önce binalardan ekonomik getiri sağlayacak malzeme ve bileşenleri kurtardığı, sonrasında bunları ikinci el pazarına sunduğu belirlenmiştir.

Bina yıkımı ve sökümü arasında tanım, yöntem, süre ve ekonomik faktörler açısından farklar bulunmaktadır. Bu farklar aşağıda belirtilmiştir.

Tanım:

Hobbs ve Hurley’ye (2001) göre söküm, inşaat sürecinin tersine çevrildiği, strüktürün veya strüktür parçalarının ayrıştırıldığı bir aktivitedir. Söküm, bina bileşenlerini ve malzemelerini onlara zarar vermeden ayırmaktır, bu her zaman onları yeniden kullanmak anlamına gelmez. Yıkım ise bir bina ya da strüktürü imha etmek, enkaz haline getirmektir.

Abdullah ve Anumba’ya (2003) göre söküm tekniği, strüktürlerin sistematik olarak demonte edilmesidir. Bu teknik aynı zamanda “yukardan aşağı tekniği” olarak da bilinmektedir.

Macozoma’ya (2001) göre söküm, bir binanın malzemelerinin veya bileşenlerinin yeniden kullanım, geri dönüşüm ve yeniden satış potansiyellerini maksimumda tutmayı amaçlamaktadır. Yıkım ise, bir binayı malzeme ve bileşenleri işe yaramaz hale gelecek ve atık alanlarına gönderilecek şekilde yerle bir etmektir.

Yöntem:

Yıkım ve sökümde farklı yöntemler izlenmektedir. Macozoma’ya (2001) göre söküm, ilk olarak yeniden kullanım, daha sonra geri dönüşüm amacıyla strüktürleri, işgücü, basit araçlar ve bazen mekanik ekipman yardımıyla ayırmak ve bileşenlerini kurtarmaktır. Diğer taraftan yıkım ise makineler ve mekanik ekipmanlar kullanarak, yeniden satılabilme olasılığı olan malzemelerin karma bir enkaz haline getirilip, atık alanlarına atılmasıdır.

Söküm sırasında, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir malzemeler göz önünde bulundurulmalıdır. Yeniden kullanım veya geri dönüşüm işlemi strüktürün yıkılmasından sonra veya yıkımı sırasında yapılabilir. Söküm tekniği yenileme veya değişikliğin bir parçası veya planlı yıkıma hazırlık olarak kullanılabilir. Yıkım işlemi elle, makinayla, patlayıcıyla

veya sıcak kesme ile yapılabilir. Yıkım atıklarını, pulverizerli hidrolik ekskavatör, beton ezme ve görüntüleme gibi güncel teknolojilerle ayırmak mümkündür. Bu yöntem, hem yeniden satılabilir malzemelerin kullanımını arttırmayı hem de oluşan atığın ve atık maliyetlerinin azaltılmasını sağlayabilir (Abdullah ve Anumba, 2003)

Geleneksel yıkım, atık sahalarına gönderilecek karma atıklarla sonuçlanan mekanik bir yöntemdir. Yıkım binaların ortadan kaldırılması için hızlı ve ucuz bir yöntem gibi görünmektedir ancak çoğu zaman atıkların oluşturduğu çevresel etkiler göz ardı edilmektedir. Yıkım, kurtarılabilir malzemeyi göz önüne almadan, sadece strüktürü ortadan kaldırmak için gereken işgücü ile atıkları bertaraf etmek için gereken maliyeti göz önünde tutan bir yaklaşımdır (Languell, 2001).

Söküm süreci izin süreçleri, bina değerlendirmesi, iş programı yapma, söküm teknikleri için güvenlik, süreç, sınıflandırma, pazarlama ve yeniden satışı içeren birçok adımdan oluşmaktadır. Dolayısıyla yıkım son derece mekanize, sermaye yoğun, atık üretici bir süreçken, söküm emek yoğun, düşük teknolojili ve çevreye duyarlı bir yöntemdir (Sherman, 1998).

Yıkım veya söküm arasındaki seçim, kurtarılacak malzemenin miktarı ve kalitesi, kurtarılmış malzemenin pazar değeri, tehlikeli malzemenin var olup olmaması, bunların sürece ve diğer ürünlere etkisi ile binanın kaldırılması için yeterli zaman olup olmaması gibi bir çok faktöre bağlıdır (Chini ve Acquaye, 2001).

Süre:

Yıkım ve söküm arasında süre açısından da farklar vardır. Macozoma'ya (2001) göre yıkım birkaç gün sürmekte, buna karşın söküm birkaç hafta gerektirmektedir. Bu ise söküm işleminin emek yoğun olmasına bağlıdır.

Ekonomik faktörler:

Yıkım ve söküm arasında maliyet açısından da farklar vardır. Guy'a (2003) göre söküm maliyeti yıkıma göre biraz daha fazla veya daha düşük olmaktadır. Bununla birlikte söküm, kurtarılan malzemelerin satışı, nakliye ve atık bertaraf maliyetleri, atık alanlarının yaşam döngüsü maliyetleri gibi tüm ekonomik faktörler göz önünde alındığında, çok daha fazla getirisi olan bir yöntemdir. Macozoma'ya (2001) göre yıkımdan elde edilen net gelir, yapım ve yıkım atıklarını atık alanına göndermek yerine geri dönüşüme sokarak arttırılabilir. Yine de yapım ve yıkım atıklarının karma doğası, geri dönüşüm öncesi sınıflandırma, görüntüleme

gibi ek maliyetler getireceğinden verimsiz olacaktır. Diğer taraftan sökümden elde edilen net gelir iki yolla arttırılabilir: eğitim ve kurtarılan malzemenin kalitesinin dikkate alınması. Bertaraf maliyetlerinin arttırılması da yıkım yerine sökümün tercih edilmesini sağlayabilmektedir.

2.3 Türkiye’de Yıkım Endüstrisi

Türkiye’de binaların yıkılma sebepleri: kullanım ömürlerinin sonuna gelinmesi, strüktürel problemler, doğal afetler, dönüşen çevreye uyum ve ekonomik yarar sağlanması, çok katlı yapılara yer açılması, imar planı değişiklikleri, fonksiyon değişikliği ve bina sahiplerinin istekleri olarak sayılabilir.

2004 yılında Çevre Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” [25] inşaat faaliyetleri ve doğal afetler sonrasında meydana gelen hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının, üretildikleri yerlerde ayrı toplanması, geçici olarak biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesine ilişkin esasları belirlemiştir. Bu yönetmeliğe göre hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimine ilişkin genel ilkeler şunlardır:

- Hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının kaynağında en aza indirilmesi
- Hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanılması ve özellikle altyapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmesi
- Hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının karıştırılmaması
- Sağlıklı bir geri kazanım ve bertaraf sisteminin oluşturulması için atıkların kaynağında ayrılması ve seçici yıkımın yapılması

Türkiye’de binalar genellikle betonarme strüktürlü, tuğla duvarlı, sıvalı ve boyalı duvarlar ile ahşap pencereci olarak inşa edilmişlerdir. Yer döşemeleri yerinde dökme mozaik veya seramik karo olup, elektrik ve su tesisatı duvarlara gömülmüştür. Bu şekilde inşa edilmiş binaları demonte etmek kolay olmadığı gibi, binalardan malzeme ve bileşen geri kazanımı oldukça sınırlı miktarlardadır. Binalardan elde edilecek bileşen veya malzemeler elle sökülür ve yıkım işlemi başlamadan önce alandan uzaklaştırılır. Yıkım işleminin çoğu manuel olarak gerçekleştirilir ki bu zaman kaybına neden olur ve pahalıdır. Genellikle ahşap çerçeveler, kapılar, banyo ve mutfak gereçleri ikinci el pazarına sunulmak üzere sökülür. İkinci el inşaat

malzemesi satan firmalar aynı zamanda yıkım işleri de yapan firmalardır. (Elias-Özkan, 2003b)

Yıkım firmaları Türkiye'nin tüm büyük şehirlerinde faaliyet göstermektedirler. İstanbul'da Ümraniye, Güneşli, Arnavutköy, Altınşehir ve Mahmutbey, Ankara'da Bentderesi. İstanbul ve Ankara'da yıkım firmalarından benzer kesimler alışveriş yapmaktadır. Örneğin, kapı, pencere, banyo gereçleri ve teçhizatlarını genellikle gecekondü kesimi satın almakta, ahşap kirişler ve kalasları iskele veya kalıp yapmak amacıyla müteahhitler satın alınmaktadır. Elias-Özkan (2002)

Yıkım firmaları, genellikle gecekondü mahallerine yakın yerlerde konumlanmışlardır. Ankara'daki yıkım firmaları yılda 3 ila 4 büyük, 50 civarında da küçük yıkım işi almakta, yıkım işlerinden kurtarılan malzeme ve teçhizatlar birkaç ay içinde satılmaktadır. Yıkım işinin büyüklüğüne göre, çalışma dört veya daha fazla hafta sürmektedir. Seçici yıkım elle yapılmakta, ilk olarak yeniden satış potansiyeli olan bileşenler binadan ayrılmaktadır. Kagir ve betonarme yapıları elle yıkmak pahalı ve uzun zaman isteyen bir iş olduğundan, yıkım firmaları kazma, balyoz, havalı matkap ve eskavatör kullanmaktadırlar. Yıkılacak strüktürün büyüklüğüne göre görevlendirilen işçi sayısı 5 – 50 arasında değişmektedir. 3-5 odalı tek katlı bir gecekondü yapısından yeniden satılabilir malzemelerin sökülmesi yalnızca bir gün almaktadır. Yeniden satılacak malzemeler bu firmaların açık depolama alanlarında sergilenmektedir. Moloz ise belediyenin atık sahalarına taşınmaktadır. Çoğu zaman ise ya yıkım alanında bırakılmakta veya yasadışı olarak doğaya atılmaktadır. (Elias-Özkan, 2002)

Türkiye'de binalar demontaja uygun tasarlanmadıkları için öncelikle ekonomik fayda sağlayacak olan malzeme ve bileşenler binalardan sökülmekte, bir kısmı söküm aşamasındaki hatalardan dolayı, bir kısmı uygun depolama şartları olmadığından ziyan olmaktadır. Kurtarılan malzemelerin ikinci el pazarı mevcuttur. Ekonomik fayda getirmeyecek olan çoğunlukla betonarme bileşenler ise atık yığınları olarak doğaya terk edilmektedir. Bunlar çevre kirliliği yaratmalarının yanı sıra kaynak israfına da neden olmaktadır. Eğer binalar tasarım aşamasında DUT prensipleri ile planlanmış olsalar ve başarılı demontaj gerçekleştirilebilirse, duruma göre hem bina bileşenleri veya binanın tümü kendi alanında yaşam döngüsüne tekrar katılacak, hem de inşaat alanında sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak çevreye olumsuz etkileri azaltılacaktır.

2.4 Türkiye’de Endüstriyel Yapım Sistemleri

Prefabrikasyon sistemi, yapıların modüler elemanlara ayrılarak beton ve demirle fabrikalarda veya şantiyelerde kurulan tesislerde, endüstriyel koşullar altında, yüksek kalite standartlarında üretilmesi ve bunların yapım yerine taşınarak monte edilmesi yöntemidir.

Malzemelerine göre üç tip prefabrikasyon sistemi vardır: Beton prefabrikasyon, yapısal çelik ve ahşap prefabrikasyon.

AB ülkelerinde prefabrikasyon üretimi, bütün inşaat üretiminin yaklaşık %20-25’i, Kuzey Avrupa ülkelerinde ve ABD’de ise %40-50’si kadardır. Ülkemizdeki sanayi siteleri ve yapıları ile altyapı tesislerinin %90’a yakın bölümü beton prefabrike yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. İnşaat sektöründe en yüksek paya sahip konut inşaatlarında prefabrik betonarme yapı elemanı kullanım oranı sadece %5-7 seviyelerindedir. 2009 yılında Türkiye prefabrike beton sanayisinde 73 adet kayıtlı firma vardır. Bu firmaların toplam üretimleri 939.783m³tür. Türkiye Prefabrik Birliği TPB(2010) Prefabrikasyon elemanları Türkiye’de %85 oranla en fazla endüstri yapısı inşaatlarında kullanılmaktadır.

Dünyada yapısal çeliğin inşaat sektöründe kullanım oranı %60 seviyelerindedir. 2008 yılı dünya yapısal çelik üretimi Avrupa Yapısal Çelik Birliği (ECCS) verilerine göre 9,5 milyon tonu bulmuştur. Avrupa’da Almanya, İspanya ve İngiltere yapısal çelik üretiminde önde gelen ülkelerdendir. Avrupa üretiminin yarısından fazlası (%53) bu üç ülke tarafından karşılanmaktadır. Türkiye’de 14 milyon tonun üzerinde yapılan çelik üretiminin yaklaşık 400 bin tonu yapısal çelik alanında kullanılmaktadır. Türkiye’de toplam inşaatların yalnızca %5’inde yapısal çelik kullanılmaktadır. Bu oran diğer ülkelerle karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır. Türkiye’de 2008 yılında yapısal çelik üretimi 227 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarıyla Türkiye ECCS üye ülkeleri arasında Danimarka’yla birlikte 8. sırada yer almıştır. 2009 yılında yapısal çelik üretimin 129 bin tona düştüğü tahmin edilmektedir. Yapısal çelik sanayisinin 7-10 milyon m² inşaat alanı üretebilecek kapasitesi bulunmaktadır.

Prefabrike ahşap sanayisi, özellikle Kanada, ABD ve İskandinav ülkelerinde çok önemli bir ekonomi koludur. Günümüzde ABD ve Kanada’daki konutların %90’ı ahşaptan yapılmaktadır. Prefabrike ahşap üretiminde Türkiye’de son yıllarda canlanma görülmektedir.

Türkiye inşaat sektöründe prefabrike yapı elemanları kullanımı dünyadaki prefabrikasyon kullanımı ile kıyaslandığında Türkiye’nin oldukça geride kaldığı görülmektedir. Ancak endüstride yapılan iyileştirmelerin ve gelişmelerin inşaat sektörüne yansımaması

düşünülemeyeceğinden, Türkiye’de prefabrike yapı sanayisinin geleceği olumlu olarak değerlendirilmektedir. YEMAR (2009)

Türkiye’de prefabrik yapılar demontaja uygun olacak şekilde tasarlanmamışlardır. Yaşam ömrü sonunda karma atıklar olarak doğal çevreye atılmaktadırlar.

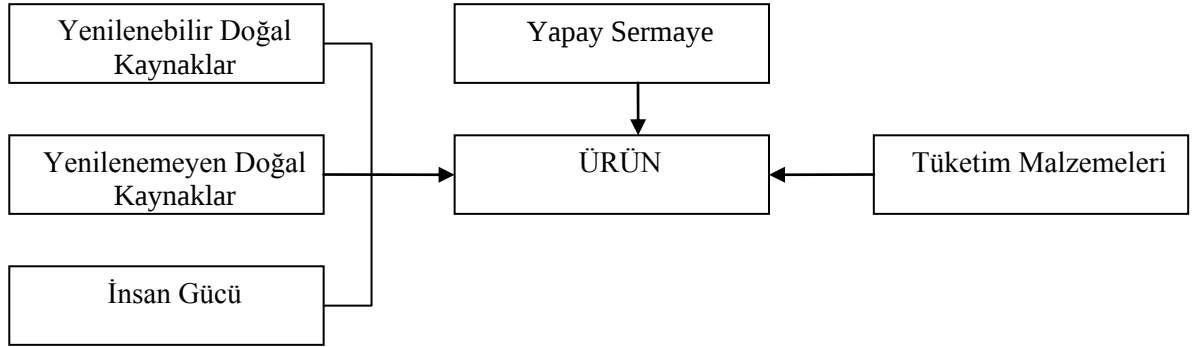
Türkiye’de endüstrileşmiş yapım sistemleri, daha çok sanayiye yönelik monolitik, modüler ve tektip yapılar üreten bir endüstri kolu olarak algılanmaktadır. Bu algının oluşmasında üretilen yapıların monolitik, tek tip, modüler olmaları etkili olmuştur. Prefabrik yapı denilince geçici yapılar, endüstri yapıları veya deprem konutları akla gelmektedir. Endüstriyel yapım sistemleri, yapıları itibarıyla esnek, demonte edilebilir ve adaptasyona elverişli olmaya çok müsaittir. Birçok bileşen daha sonra bir araya getirilmek üzere seri olarak üretilmektedir. Bina bileşenlerinin bir araya getirilmesi kuru birleşim yöntemiyle yapılmaktadır. Bu yöntem DUT’un en önemli prensiplerinden biridir. Binaların ileride demonte edilebilmeleri sabit bağlantı yöntemlerine bağlı olmamaları ile mümkündür. Endüstriyel yapım yöntemlerinde DUT ve Yapı Bilgi Sistemleri’nin (YBS) birlikte kullanımı farklı disiplinler arası koordinasyon, üretim, nakliye, montaj, demontaj süreçlerinin kontrolünün sağlanmasının yanı sıra sürdürülebilirliğe de katkıda bulunacaktır.

2.5 Sürdürülebilirlik

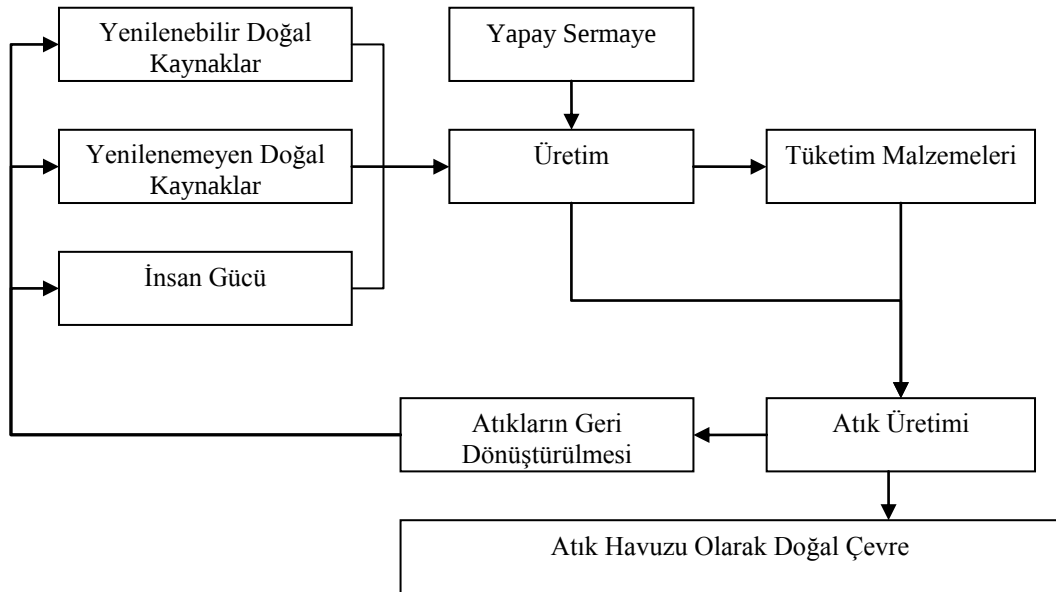
Belirtilen araştırmaların da gösterdiği üzere, yapı endüstrisinin çevre sorunlarındaki etkisi her geçen gün artmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, çevre sorunlarına karşı insanoğlunun ne yapması gerektiği ile ilgili olarak, ilk defa 1971 yılında İsviçre’de yapılan bir uzmanlar panelinde ele alınmıştır. Toplantı sonrasında yayınlanan raporda çevre sorunlarının, sanayileşmiş ülkelerin üretim ve tüketim yapısından kaynaklandığından söz edilmektedir. 1983 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Genel Kurul toplantısı sonucunda “Ortak Geleceğimiz” adlı rapor yayınlanmıştır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundtland tarafından açıklanan bu raporda sürdürülebilir kalkınma; “bugünün gereksinmelerini, gelecek nesilleri, kendi gereksinmelerini karşılama yetisinden yoksun bırakmadan karşılayarak kalkınma” olarak tanımlamıştır. (Sev, 2009)

Sürdürülebilirlik devam edebilme kapasitesidir. Çevrebilimde, biyolojik sistemlerin zaman içinde nasıl üretken ve çeşitli kalabileceğini tanımlayan bir terimdir.

Geleneksel ekonomi modeline göre üretim, tüketim malzemeleri, insan emeği ve yapay sermayenin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu modelde üretim ve tüketim sürecinde oluşan atıklar bulunmamaktadır.



Şekil 2.2 Geleneksel ekonomi modeli (Sev, 2009)



Şekil 2.3 Sürdürülebilir ekonomi modeli ve atık üretimi (Sev, 2009).

Sürdürülebilir ekonomi modelinde ise atıklara da yer verilmekte ve daha gerçekçi bir model oluşturulmaktadır. Doğal çevre, atıkların depolandığı bir havuz durumundadır. Termodinamiğin temel prensibine göre, hiçbir madde yoktan var olmaz ve varken yok olmaz. Üretim esnasında kullanılan her madde sonunda atık olarak doğal çevreye bırakılacaktır. Bu

durumda doğal çevrenin en az zarar görmesi için ürünlerin yaşam döngülerinin mümkün olduğunca uzatılması gereklidir.

Konuya mimari açıdan yaklaşıldığında, Demontaja Uygun Tasarım kavramı sürdürülebilirlik bağlamında yerini bulmaktadır. DUT henüz kavramsal tasarım aşamasında projeye dahil edildiği takdirde, ürünlerin, bileşenlerin hatta binaların yeniden kullanılmasına olanak sağlayarak doğal çevrenin daha az zarar görmesine imkan tanıyacaktır.

DUT, inşaat, yenileme ve yıkım sırasında, yeni malzeme tüketimini ve atıkları azaltmayı, bina ömrünü arttırmayı ve gelecek bina inşaatları için malzeme stokları yaratmayı amaçlamaktadır. Bu hem yükleniciler, hem mal sahipleri, hem kullanıcılar, hem de çevrede oturanlar açısından ekonomik ve çevresel yararlar sağlamanın yanı sıra, tekrar kullanımda malzeme korunumu ve bileşenlerin kurtarılmasını sağlamaktadır.

Uluslararası Dünyayı Koruma Birliği (IUCN), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Vahşi Yaşam Fonu (WWF) 1991 yılında “Dünyanın Korunması” adlı bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin temel ilkeleri belirlenmiştir:

- Ortak yaşam ve çıkarları korumak ve saygı göstermek
- Yaşam kalitesini arttırmak
- Yeryüzünde yaşamın ve çeşitliliğin artırılması:
 - Yaşam destek sistemlerini korumak
 - Canlı türlerinin çeşitliliğini korumak
 - Yenilenebilir kaynakların devamlılığını garanti altına almak
- Yenilenmeyen kaynak tüketimini azaltmak
- Doğal çevrenin taşıma kapasitesi sınırları içinde kalmak
- Kişisel davranışları ve uygulamaları değiştirmek
- Toplumların kendi doğal çevrelerini korumalarını sağlamak
- Kalkınma ve korumanın bütünleştirilmesi için ulusal bir çerçeve oluşturmak
- Küresel bir ittifak oluşturmak

Bu raporda sözü edilen yenilenmeyen kaynak tüketimini azaltmak, doğal çevrenin taşıma kapasitesi sınırları içinde kalmak, kişisel davranışları ve uygulamaları değiştirmek, toplumların kendi doğal çevrelerini korumalarını sağlamak ve yaşam kalitesini arttırmak ilkeleri, Demontaja Uygun Tasarım kavramının da hedeflediği ortak ilkelere aittir.

2.6 Sürdürülebilir Mimarlık ve Yapım

Avrupa Birliği'nde sürdürülebilir yapı; çevre dostu malzeme kullanımı, binalarda enerji verimliliği ve yapı ile yıkım atıklarının yönetimi olarak tanımlanmaktadır. (Rovers, 2003)

Sürdürülebilir kalkınma, tüm faaliyetlerin yeryüzünün taşıma kapasitesi dahilinde gerçekleştirilmesini gerektirir. Günümüz yapıları, yapılanmış çevre ve mevcut alışkanlıklar göz önüne alındığında bu konuda zorluklar olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapı sektörüne bakıldığında üretim, taşıma, işletme, bakım onarım ve yıkım faaliyetleri doğal çevre üzerine doğrudan ve dolaylı olarak onarılması güç zararlar vermektedir. Dünya genelindeki toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmından yapı sektörü sorumludur. İnşaat sektöründe tüketilen enerjinin sadece %5'i yapı faaliyetlerinden, %45'inden fazlasıysa işletme, bakım ve onarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle mimar ve mühendisler sürdürülebilir kalkınmada önemli roller üstlenmelidir. Henüz kavramsal tasarım aşamasında yer seçiminden başlayarak, tasarımın oluşması, malzeme seçimi, yapı yönteminin belirlenmesi, servis sistemlerinin seçilmesi gibi konularda sürdürülebilirliğin gerekleri doğrultusunda kararlar alınmalıdır. Yapıya sadece bir ürün olarak değil, bir süreç olarak bakıldığında, bu süreç içinde alınacak kararların, yapılacak uygulamaların ve ortaya çıkacak ürünün doğal çevre ile sosyal ve ekonomik sistemlerin üzerindeki zararlı etkileri daha gerçekçi bir şekilde belirlenmiş olacaktır. Bu durum dikkate alındığında sürdürülebilir mimarlığın önemi de ortaya çıkmış olacaktır. (Sev, 2009)

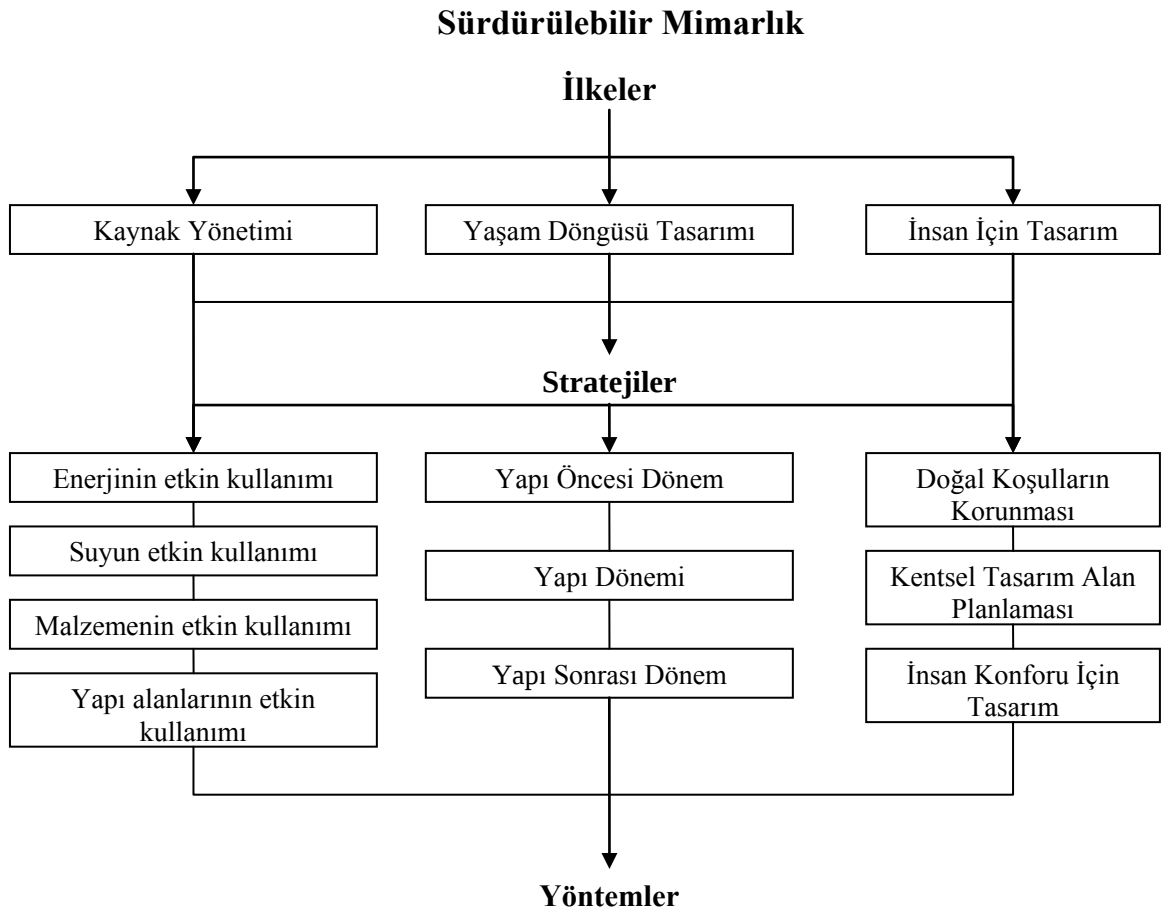
Sürdürülebilir yapılar doğal ışık ve iyi bir hava kalitesiyle, kullanıcıların sağlığını, konforunu, üretkenliğini korur ve geliştirir; yapımı ve kullanımı sırasında doğal kaynakların tüketimine duyarlıdır, çevre kirliliğine neden olmaz, yıkımından sonra diğer yapılar için kaynak oluşturur ya da çevreye zarar vermeden doğadaki yerine geri döner.

Sürdürülebilir tasarım ve yapımın üç temel ilkesi bulunmaktadır:

- **Kaynak yönetimi;** yapıda girdileri oluşturan doğal kaynakların yeniden ve etkin kullanımı ile geri dönüştürülmesi.

- **Yaşam döngüsü tasarımı:** tasarımdan yıkıma kadar bir yapıya ilişkin tüm süreçlerin çevre üzerindeki etkilerinin analizi için bir yöntem geliştirilmesi.
- **İnsan için tasarım;** insan ve doğal çevre arasında etkileşim oluşturulması.

Bu ilkelerin her biri kendi içinde bir dizi strateji ve yöntem içermektedir. Bu yöntem ve stratejilerin anlaşılması her bir projeye özel yöntemler geliştirilmesiyle uygulama olanağı bulacak ve yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilecektir.



Şekil 2.4 Sürdürülebilir tasarım ve yapım için geliştirilen kavramsal çerçeve (Sev, 2009)

Yapı endüstrisi küresel ölçekteki doğal hammadde akışının %50'sinden sorumludur ve yapı endüstrisinden kaynaklanan atıkların oranı bölgelere göre değişmekle birlikte %15-50 arasındadır. Bu oranlar dikkate alındığında, kaynak yönetiminin ne denli önemli olduğu orta çıkmaktadır. Kaynakların etkin kullanımı, yapım ve kullanım sırasında yenilenemeyen kaynakların tüketimini azaltmayı öngörmektedir.

Geleneksel anlamda bir yapının yaşam döngüsü; yapım, kullanım, bakım-onarım ve yıkım olmak üzere dört dönemden oluşmaktadır. Buradaki en önemli sorun malzeme üretimine ilişkin çevresel etkilerin ve atık yönetiminin kapsam dışında bırakılmasıdır. Yaşam döngüsü tasarımı ise “beşikten mezara” yaklaşımı ile kaynakların elde edilmesinde doğadaki yerine geri dönene kadar tüm süreçlerin çevresel etkileri ve sonuçları dikkate alınmaktadır. Yaşam döngüsü tasarımı, kaynakların faydalı olabileceği bir şekilden, faydalı olabileceği diğer bir şekle dönüşebileceği esasına dayanmaktadır.

İnsan için tasarım ilkesi, doğal koşulların korunması, kentsel tasarım ve planlama, insan sağlığı ve konforu için tasarım olarak dallanmaktadır. Bu yöntemler öncelikle insanların ve diğer canlı türlerinin yaşam kalitelerini artırma üzerine odaklanmışlardır.

Demontaja Uygun Tasarım’a sürdürülebilir mimarlık ilkeleri açısından bakıldığında ortak yönlerinin olduğu görülmektedir:

- Kaynak yönetimi açısından: malzemenin ve yapı alanlarının etkin kullanımı, dolaylı olarak enerjinin etkin kullanımı.
- Yaşam döngüsü tasarımı açısından: yapının tüm yaşam döngüsü boyunca geçireceği aşamaların tasarım aşamasında ele alınması, yapının ömrünün çizgisel değil döngüsel olmasının sağlanması.
- İnsan için tasarım açısından: doğal koşulların korunması.

DUT, sürdürülebilir mimarlık hedefine ulaşmada önemli bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır.

3. DEMONTAJA UYGUN TASARIM - DUT

Önceki bölümde belirtildiği üzere inşaat sektörü diğer tüm sektörlerden daha fazla enerji tüketmektedirler. Bununla birlikte en büyük atık üreticisi konumundadır. Amerika’da yılda 136 milyon ton inşaat atığı, İngiltere’de 72,5 milyon ton inşaat atığı oluşmaktadır (Morgan ve Stevenson, 2005). Bu atık miktarı her yıl daha da artmaktadır. Amerikan Çevre Koruma Dairesi US EPA’nın verilerine göre inşaat atıklarının %8’i yeni yapılan inşaatlardan, %92’si ise yenileme ve yıkımlardan meydana gelmektedir (Guy ve Ciarimboli, 2005). Ülkemizde inşaat atıklarının miktarı ile ilgili bir veritabanı bulunmamaktadır (Elias-Özkan, 2003b). 2010 yılından itibaren Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından inşaat ve yıkıntı atıkları yönetmeliği kapsamında toplanan bilgiler yayınlanacaktır.

Demontaja Uygun Tasarım – DUT binaların inşa edilmesinden yenilenmesine, bakım-onarım faaliyetlerinden yıkılıp-sökülüp bertaraf edilmesine kadar, binanın tüm yaşam ömrü süresince geçireceği aşamaların henüz proje aşamasında tasarlanmasını gerektirmektedir. Böylece yeni malzeme tüketimini ve atıkları azaltarak olumsuz çevre etkilerinden kaçınmayı, binanın yaşam ömrünün arttırılmasını ve nihayet bina ömrü sona erdiğinde mevcut malzemenin yeni binalar için malzeme stoğu olarak kullanılmasını amaçlayan bir tasarım kavramıdır.

3.1 Demontaja Uygun Tasarım’ ın ortaya çıkışı

Montaja Uygun Tasarım - MUT ve İmalata Uygun Tasarım- İUT 1970’lerde ortaya çıkmış, endüstri tasarımı alanında iyi bilinen ve oldukça geniş kullanım sahası bulmuş kavramlardır. Bu kavramların en önemli amacı, tasarım ve imalatı kolaylaştırarak ürün maliyetini düşürmek, en yüksek kalitede ürün elde etmektir. Günümüzde ise yalnızca ürün maliyetini düşürüp kaliteli ürün elde etmek yeterli olmamaktadır. Ürünlerin çevresel etkilerini de göz önünde bulunduran üreticiler, Çevreye Uygun Tasarım-ÇUT kavramına yönelmişlerdir. ÇUT daha az enerji kullanımı, taşıma, paketleme, geri dönüşüm, atıkların azaltılması gibi konuların yanı sıra bu düşüncelerden ortaya çıkan bir disiplin olan DUT’u da içerir. DUT’un amacı yaşam süresinin sonunda kolayca parçalarına ayrılabilen ve bu şekilde malzeme, bileşen veya alt bileşenlerin yeniden kullanım, yeniden üretim veya geri dönüşümünün optimize edileceği bir ürün tasarlamaktır (Bogue, 2007).

Demontaja Uygun Tasarım ürün mühendisliği alanından doğan bir kavram olduğundan tasarım ve inşaat sektörü için yenidir. Aynı zamanda Çevreye Uygun Tasarım - ÇUT

kavramına da önemli bir yardımcıdır. ÇUT, bir ürün, işlem ya da servisin yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirilerek, çevresel etkisini azaltmaya yönelik birçok tasarım yaklaşımına değinen genel bir kavramdır. ÇUT'un Montaja Uygun Tasarım-MUT, yeniden kullanım ve geri dönüşüm gibi birçok alt kümesi vardır. DUT, maksimum malzeme korunumunu amaçlayan bina yaşam sonrası yönetimi ve adapte edilebilir binalar üretmeye kadar, bu alt kategorilerin her birini bütünleyici bir yapıya sahiptir. Guy ve Ciarimboli (2005)'ye göre, yeniden imar ve alternatif arsa kullanımına uygun olmamaları nedeniyle yıkılan birçok binaya karşın, DUT binaların yıkımına neden olan eskime ve ekonomik faktörleri azaltmaya karşılık akıllı bir strateji olabilir.

Demontaja Uygun Tasarım, yaşam sonrası yönetimine büyük önem verilen üretim sanayilerinde oldukça önemli ve gelişen bir konudur. Avrupa'da özellikle atık ve kirlilik üretimi konusundaki kısıtlamalar ve "Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu" konusuna verilen önem neticesinde Avrupa Parlamentosu Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi 2000/53/EC (End of Life Vehicles - ELV) ve Almanya Ömrünü Tamamlamış Araçlar Aktı 2002 yürürlüğe girmiştir. Kaynak yönetimine düzenli bir model getiren, kabul görmüş bir ölçüt olan genişletilmiş üretici sorumluluğu, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü - OECD tarafından 2001'de şu şekilde tanımlanmıştır: "Genişletilmiş üretici sorumluluğu, üreticinin ürüne olan fiziksel veya mali sorumluluğunun, ürünün yaşam döngüsü içerisinde tüketici sonrası aşamasına kadar uzanan bir çevre politikası yaklaşımıdır." [2] Bu sayede Alman otomobil üreticileri geri dönüşüme uygun araç tasarımı konusunda dünya lideri konumundadırlar (Bogue, 2007).

2001 yılında Japonya'da elektrikli ve elektronik atıklar daha önce olduğu şekliyle bertaraf edilemeye devam ettiği taktirde bunları atacak yerlerinin kalmayacağını farkına varan hükümet, geri dönüşüm maliyetini ürünlere yansıtan bir yasa yürürlüğe koymuştur. Bu yasa sayesinde Japon televizyonlarının %80'inden daha fazlası geri dönüştürülmüştür. (Bogue, 2007).

Ürün mühendisliğindeki örneklerin inşaat endüstrisine uygulanması neticesinde benzer şekilde faydalar sağlanacağı açıktır. Örneğin Hollanda'da Demontaja Uygun Esnek Yapı Sistemleri hükümet tarafından desteklenmektedir. Atık bertaraf ücretleri arttırılmış, yeniden kullanım potansiyeli olan yapı bileşenleri ve malzemelerinin atılması yasaklanmıştır. Bu sayede Hollanda'da geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranları %80 civarındadır.

Benzer şekilde Türkiye’de de Demontaja Uygun Tasarlanmış binalar desteklenmeli, gereken yasa ve yönetmelikler yürürlüğe konmalı, Türkiye’de inşaat atıkları miktarını belirten veritabanı oluşturulmalı, inşaat ve mimarlık alanında Demontaja Uygun Tasarım yöntemi ile ilgili farkındalık yaratılmalıdır.

3.2 Tanımlar

Çeşitli yayınlarda Demontaja Uygun Tasarım aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

DUT, bir bina söküldüğünde veya yenilendiğinde ürünler, parçalar ve malzemelerin kolayca geri kazanımı sağlayan bir tasarım sürecidir. Bu süreç ekonomik değerleri en üst düzeyde tutmayı, yeniden kullanım, onarım ve yeniden üretim aracılığıyla çevreye olan etkilerini en az seviyede tutmayı amaçlamaktadır. Bir DUT süreci bu amaca ulaşmak için bileşen, malzeme, inşaat teknikleri, bilgi ve yönetim sistemleri geliştirmeyi kapsar (Guy ve Ciarimboli, 2005).

DUT binalarda ekleme-çıkarma, esneklik ve dönüştürülebilirliğe olanak tanımaktadır. DUT binanın tümünden yıkılmasının önüne geçilmesine yardımcı olabilir. DUT yeniden kullanılabilir malzeme; geri dönüşüm hammaddesi olabilecek malzemeler ile tümüyle doğada güvenli olarak bozunabilen malzemelerin kullanımını içermektedir. Aynı zamanda sürdürülebilir binaların sağladığı tüm kriterleri de sağlamaya çalışmaktadır (Guy ve Ciarimboli, 2005).

Kibert ve Chini’ye göre (2000b), Demontaja Uygun Tasarım’ın amacı binalarda strüktürü oluşturan malzemelerin yeniden kullanımı veya etkin geri dönüşümünü sağlayacak mümkün olan en yüksek değerini korumaktır. DUT tüm dünyada yıkıma karşı bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır.

3.3 DUT Prensipleri

Guy ve Ciarimboli (2005) Demontaja Uygun Tasarım Rehberi adlı yayınlarında 10 temel DUT prensibini aşağıdaki gibi açıklamıştır:

1. Demontaj için malzemelerin ve metodların belgelenmesi

Uygulanmış proje çizimleri, bağlantı ve malzemelerin etiketlenmesi ve bir “söküm planı”, tüm bunlar etkin demontaj ve söküme yardımcı olmaktadır.

2. Önleyici prensipler göz önünde tutularak malzemelerin seçilmesi

Yüksek kaliteli ve gelecekteki etkileri göz önüne alınarak seçilen malzemeler yeniden kullanım ve geri dönüşüm için daha mantıklı olacaktır.

3. Bağlantıların ulaşılabilir olacak şekilde tasarlanması

Görsel, fiziksel ve ergonomik olarak ulaşılabilir bağlantılar etkinliği arttıracak, bunun yanı sıra pahalı ekipman, işçiler için çevre sağlığı ve güvenliği önlemleri alınması gerekliliği ortadan kalkacaktır.

4. Kimyasal bağlantıların hiç kullanılmaması veya minimumda tutulması

Malzemelerin içinde veya üstünde tutkal, zambak gibi yapıştırıcıların kullanılması, ayrıştırılmalarını ve geri dönüşümlerini zorlaştırmakta aynı zamanda kullanımları insan ve çevre sağlığı üzerinde negatif etkiler yaratmaktadır.

5. Cıvatalı, vidalı, çivili birleşimlerin kullanılması

Standart ve sınırlı bağlayıcı kullanmak, araç gereksinimi ile zaman ve işçilik açısından tasarruf sağlamaktadır.

6. Mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat sistemlerinin birbirinden ayrılması

Bileşenlerden ayrı tutulan tesisat sistemleri sayesinde, malzeme ve bileşenlerin onarım, yenileme, yeniden kullanım ve geri dönüşümü daha kolay olacaktır.

7. İşçi ve işgücünün ayrılmasına yönelik tasarım yapılması

İnsan ölçeğindeki bileşenler veya standart mekanik ekipmanlarla taşıma, işgücü yoğunluğunu azaltacaktır.

8. Strüktür ve form basitliği

Açık strüktür sistemleri, basit formlar, standart grid ölçüleri yapım ve söküm işlerini kolaylaştıracaktır.

9. Birbiriyle değiştirilebilme

Modülerlik, bağımsızlık, standartlaşma prensiplerine uygun malzemeler kullanmak yeniden kullanımı kolaylaştıracaktır.

10. Güvenli demontaj

İşçilerin güvenliği ve hareketi için önlem almak, malzeme akışını ile donanım ve saha ulaşımını kolaylaştırmak, yenileme ve sökümün daha ekonomik olmasını sağlayacak ve riski azaltacaktır.

Crowther (2005), “DUT, İçerik ve Prensipler” adlı makalesinde, Demontaja Uygun Tasarım’ın prensiplerini 27 başlık altında toplamıştır. Crowther her bir prensibi geri dönüşüm hiyerarşisinin dört yaşam sonu senaryosuna bağlı olarak değerlendirmektedir. Geri dönüşüm hiyerarşisine göre, enerjinin korunması açısından, yeniden kullanım yeniden üretimden, yeniden üretim geri dönüşümden daha üst seviyededir. Bu tablo, tasarımcının, geri dönüşüm seviyesine bağlı olarak, bina tasarımında en uygun yöntemi belirlemesi için bir değerlendirme sunmaktadır.

Çizelge 3.1 DFD prensipleri ve hiyerarşik geri dönüşüm katmanlarıyla ilişkisi (Crowther, 2005).

No	Prensip	Malzeme Geri Dönüşümü	Bileşen Yeniden Üretimi	Bileşen Yeniden Kullanımı	Binanın Yeniden Konumlandırılması
1	Geri dönüştürülmüş ve geri dönüştürülebilir malzeme kullan	●	●	•	•
2	Farklı malzeme tipi sayısını en az tut	●	●	•	•
3	Zehirli ve zararlı malzemelerden kaçın	●	●	•	•
4	Aynı malzemeden meydana gelen alt bileşenleri ayırlamaz yap	●	●	•	•
5	Malzemelerde ikinci bitişlerden kaçın	●	●	•	•
6	Malzemelerin tiplerinin tanımlanmasını sağla	●	●	•	•
7	Farklı bileşen tipleri sayısını minimum tut	•	•	●	●
8	Kimyasal değil mekanik bağlantı kullan	•	●	●	●
9	Kapalı değil açık bina sistemi kullan	•	•	●	•
10	Modüler tasarım yap	•	•	●	•
11	Yaygın araç ve ekipman kullan, özel imalattan kaçın	•	•	●	●
12	Paralel söküm için strüktürü örtüden ayır	•	•	●	•
13	Tüm parçalara ve bağlantı noktalarına erişim sağla	•	•	●	●

14	Bileşenleri bakıma uygun olacak şekilde boyutlandır	•	•	●	●
15	Bakım ve konumlandırma imkanları sağla	•	•	●	●
16	Montaj ve demontaj için gerçekçi hata payı bırak	•	•	●	●
17	Minimum sayıda bağlayıcı kullan	•	•	●	●
18	Farklı tipte bağlayıcı sayısını minimum tut	•	•	●	●
19	Bağlantıları ve bileşenleri tekrarlı kullanıma dayanacak şekilde tasarla	•	•	●	●
20	Paralel söküme olanak sağla	●	•	●	•
21	Bileşen tipinin tanımlanmasını sağla	•	•	●	•
22	Başlangıç için standart strüktürel grid kullan	•	•	•	●
23	Prefabrikasyon ve seri üretim kullan	•	•	●	●
24	Hafif malzeme ve bileşen kullan	●	●	●	●
25	Söküm noktalarını tanımla	•	•	●	●
26	Söküm esnasında ayrı parçalar için yerinde depolama imkanı sağla	•	•	•	●
27	Tüm bina bileşenleri ve malzemelerinin bilgilerini koru	•	•	•	●
LEJAND: Uygunluk Seviyesi Yüksek Derecede Uygun ● Uygun • Uygun değil •					

Macazoma (2001) bina tasarımında bir rehber olarak kullanılabilecek DUT prensiplerini aşağıdaki gibi tanımlamıştır:

- Tasarıma esnekliğin dahil edilmesi (sağlamlık, adapte olabilirlik ve bina katmanları)
- Modüler tasarımın göz önünde tutulması (standartlaşma ve ön yapım)
- Binanın demontajını düşünerek tasarım yapılması
- Kolayca başka bir kullanıma dönüştürülebilecek şekilde bina tasarlanması
- Sökülebilir tasarımın dikkate alınması
- Malzemelerin yaşam döngüsü maliyetleri ile geri kazanılabilmesini düşünerek tasarım yapılması

3.4 Zamana Bağlı Bina Katmanları Teorisi

Binalara genel bakış açısı, onları tek seferlik elemanlar olarak ele almaktadır. Bu bakış açısı binaların sınırlı bir zaman dilimi içinde değerlendirilmesinden dolayı hatalı bir algılayıştır. Çoğu bina uzun süre ayakta kalmakta ve değişikliklere uğramaktadır. Genellikle binanın strüktürü sabit kalmakta, iç mekanlar, servisler, bileşenler yenilenmekte veya değişmektedir.

Bir binanın farklı bölümleri farklı fonksiyonlara ve farklı yaşam sürelerine sahiptir. İnşaat atıklarının büyük bölümü yıkım faaliyetlerinden değil, tadilat, yenileme, organizasyon ve donanım değişiklikleri, kullanım veya hava koşulları ile aşınma ve servis sürelerinin sonuna gelen bileşenlerin değiştirilmesinden oluşan meydana gelmektedir. Bu işlemler büyük miktarlarda gereksiz atık ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Değiştirilmesi gereken parçalar diğer bileşenlerin içine gömülü olarak tasarlandığı için birçok bağlantılı malzeme ve bileşen de atılmaktadır. (Morgan ve Stevenson, 2005)

Hollandalı yazar John Habraken (1998), iki bina katmanı belirlemiştir. İlki daha uzun yaşam ömrü olan strüktür, ikincisi zaman içinde mekan değişiklikleri gerektikçe kaldırılan, yeniden kullanılan veya yenilenen bölümlerle elemanlarıdır.

Stewart Brand (1994), “Binalar Nasıl Öğrenir” adlı kitabında, bina bölümlerini farklı yaşam sürelerine göre ayıran kavramsal bir çerçeve çizmiştir. Her bir katman farklı bir fonksiyonu ifade eder ve yenilenmeden önce belli bir süre dayanması beklenir. Daha sık değiştirilme döngüsü olan katmanlar yüzeye yakın, kolay erişilebilir, kalıcı bileşenlere zarar vermeden çıkarılabilecek şekilde düşünülmüştür.

Crowther’a (2001) göre binaları tekil bir obje olarak ele alma görüşü oldukça yaygın bir düşünme biçimidir. Binalar tek seferlik birimler olarak düşünülmekte, tasarlanmakta, inşa edilmekte ve kullanılmaktadırlar. Ancak binaların pek azı inşa edildikleri şekliyle birkaç yıl ya da birkaç on yıl kalmaktadır. Değişiklikler, tamiratlar, eklemeler, bakımlar, binada yenilikler yapmaya neden olmaktadır. Daha geniş bir zaman diliminde ele alındığında bina, kullanıcı ihtiyaçları ve çevre koşullarına göre sürekli bir değişim içindedir. Gerçekte tek bir binadan değil, zaman içinde değişen binalar serisinden söz edilebilir.

Birçok yerel bina, özellikle ahşap olanlar zamana bağlı katmanlar teorisinin pratik uygulaması olmuştur. Geleneksel Japon konutları, çatı ve duvarların strüktürel gereksinimlere uyacak şekilde temel bir ahşap çerçeve kullanılarak inşa edilmişlerdir. Kullanıcıların mekânsal ihtiyaçlarına göre daha sonra ikincil bir ahşap çerçeve inşa edilmiştir. Bu ikincil çerçeve ilk

çerçeveyi etkilemeden ve diğer tekniklerin neden olduğu atıkları yaratmadan sökülüp, kullanıcıların değişen ihtiyaçlarına göre yeniden düzenlenebilir.



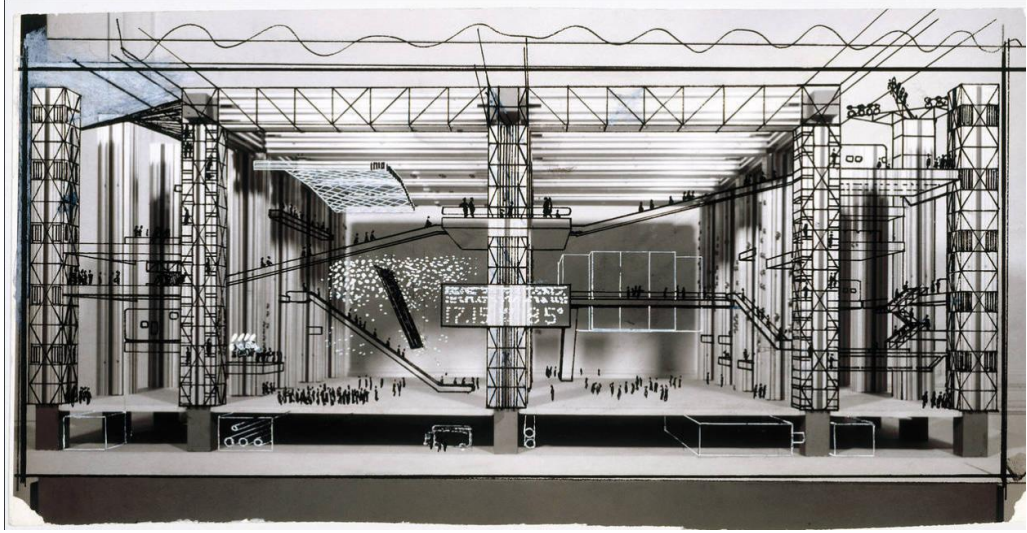
Şekil 3.1 Geleneksel Japon Evi [3]

Avrupa’da ve dünyanın diğer bölgelerinde de benzer teknolojiler kullanılmıştır.

Zaman içindeki değişimlere katmanlı bir şekilde yanıt olabilecek tasarım ve inşa gelenekleri var olduğu halde, Japon Metabolizm mimarları ve John Habraken’in 1960’lardaki yayınlarına kadar modern bina anlamında teorik bir görüş ortaya çıkmamıştır. Habraken’e göre yerel binalar ilk olarak çatıyı taşıyan ana strüktürel çerçeve ve sonra iç mekânları belirleyen ikincil bir konstrüksiyonla inşa edilmektedir. Habraken, tüm ahşap çerçeveli yapıların iki katman teorisine göre analiz edilebileceğini ileri sürmüştür (Crowther, 2001).

1960’larda İngiltere’de Archigram, Japonya’da Metabolistler binaların farklı yaşam sürelerine cevap verebilecek bina sistemleri ile ilgili çalışmalar yapmaktaydılar. Bu mimarlar projelerinde, binaların farklı bölümlerinin farklı yaşam süresi beklentilerine göre tasarımlarını şekillendiriyorlardı.

Binaların farklı bölümlerinin farklı yaşam süreleri olabileceğini dile getiren bir başka yenilikçi düşünür Cedric Price’tır. 1961 yılında tasarım şemalarını geliştirdiği “Eğlence Sarayı” binası, adapte olabilen binalar alanında ilham verici bir çalışmadır. 1970’lerin başında Richard Rogers ve Renzo Piano’nun tasarladığı Pompidou Merkezi’ne büyük etkisi olmuştur. Price’ın tasarımı hareketli döşemeler, duvarlar, tavanlar ve yürüyüş yollarının asılı olduğu çelik çerçeveli strüktürden oluşmaktadır. Önerilen çeşitli aktivitelere hizmet etmek üzere strüktürün üstünde bulunan vinçler, bina bileşenlerinin yerlerini ayarlayabilmekte, değiştirilebilmekte veya kaldırabilmektedir.



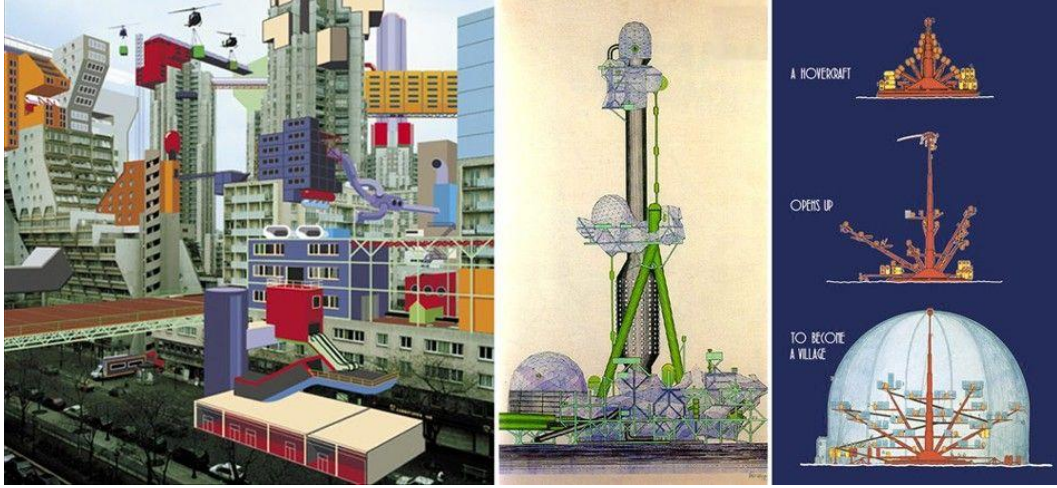
Şekil 3.2 Cedric Price, Eğlence Sarayı [4]



Şekil 3.3 Pompidou Merkezi [5]

Eğlence Sarayı gerçekleştirilmemiş olsa da aynı prensipleri izleyen Kentish Town Sosyal Merkezi 1970'lerde inşa edilmiştir. Bu çok amaçlı sosyal merkez yaklaşık 2000m²lik zemin alanıyla sayısız permütasyonlu esnek mekanlarıyla sürekli değişen kullanımlara adapte olacak şekilde tasarlanmıştır. Düzenli bir grid üzerine kurulu ana çelik strüktürün yanında, ana strüktürden bağımsız olarak birleştirilebilen ve sökülebilen kapalı alanları oluşturan ikincil strüktürden meydana gelmektedir. Tuvalet gibi servis alanları için bağımsız konteynırlar gerektiğinde çerçeveye takılabilmektedir.

Price'ın tasarımlarından pek çok mimar etkilenmiştir. İngiliz mimarlardan oluşan Archigram grubu 1960'lar ve 1970'lerin başlarında neredeyse sayısız deneye kadar çok taşınabilir, adapte edilebilir ve geçici bina tasarımları üretmişlerdir. Bu örneklerin en önemlilerinden biri Plug-in City'dir.



Şekil 3.4 Plug In City – Archigram [6]

Plug-in City, direkt olarak zamana bağlı katmanlar teorisiyle ilgilidir. Plug-in City tüm kentsel mekanın değişime göre programlandığı ve yapılandırıldığı, yolları ve servis alanlarını barındıran devasa bir strüktürdür. Bu strüktür ana yapıya sabitlenmiş vinçler yardımıyla takılıp çıkarılabilen yaşama ve çalışma birimlerini taşımaktadır. Bu birimler, yenilemeye veya bakıma en çok ihtiyacı olan birimlere en kolay ulaşılabilmesini sağlayacak biçimde bir hiyerarşiye sahiptir. Örneğin 3 ila 8 yıl ömrü olan yaşam modülleri ve alışveriş mekanları yapının tepesine en yakın olan birimlerdir. Yaklaşık 20 yıl yaşam ömrü beklentisi olan raylar ve yollar gibi ağır elemanlar en alta yakındır. Archigram'ın belirlediği diğer yaşam ömrü beklentileri şunlardır:

- | | |
|----------------------------|---------|
| • Banyo ve mutfaklar | 3 yıl |
| • Oturma ve yatak odası | 5-8 yıl |
| • Ev modülleri | 15 yıl |
| • Kiralık mağaza | 6 ay |
| • Alışveriş mekanı | 3-6 yıl |
| • Çalışma alanı ve ofisler | 4 yıl |
| • Yollar | 20 yıl |

Archigram İngiltere'de ileri teknoloji mimarlığı araştırırken, Japonya'da Metabolizm grubu benzer idealist mekânlar üzerinde çalışmaktaydı. İki aşamalı zamana bağlı bina katmaları teorisini, dönemin modern ileri teknoloji mimarlığına uyguladılar. Metabolistlerin temel

prensibi, bileşenleri binanın geri kalanına zarar vermeden değiştirmeye izin verecek şekilde düzenlemektir. Mova ev sisteminde Plug-in City tasarımına benzer biçimde ana taşıyıcı strüktüre bağlı bina modüllerini 25 yıllık yaşam ömrü olacak şekilde kullanmışlardır.

Metabolist grubunun felsefesini ele alan yazısında Kurokawa (1977), binaların servis ömrüyle ilgili aşağıdaki hiyerarşiyi önermiştir:

- Servis alanları 5 yıl
- Tüketici mekanları 5 yıl
- Mağazalar, işyerleri, eğitim tesisleri 10 yıl
- Konutlar 25 yıl
- Binalar arasındaki kamu alanları 125 yıl
- Kültür tesisleri 625 yıl
- Doğal alanlar 15.000 yıl

Metabolistlerin çoğu tasarımı gerçekleşmemiş olsa da, 1970 Dünya Sergisi Japonya’da Demontaja Uygun Tasarım teknolojilerinin birebir ölçekte denendiği bir ortam sağlamıştır. 1970 Sergisi Tema Pavilyonu’ndaki Kapsül Evi ve Takara Pavilyonu zaman içindeki değişime izin veren ana strüktür ve mekânları oluşturan ikincil strüktürlerden oluşmaktaydı.



Şekil 3.5 Nakagin Kapsül Evi [7]



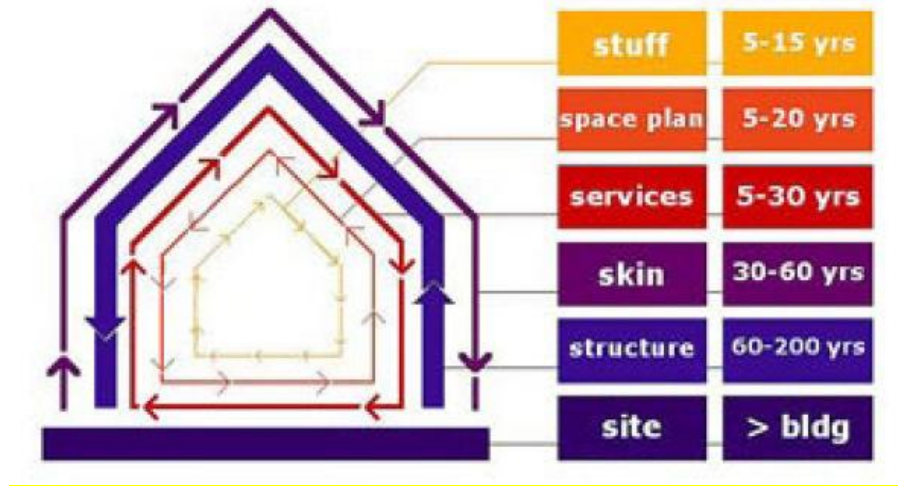
Şekil 3.6 Takara Pavilyonu, 1970 Dünya Fuarı, Japonya [8]

Çoğu gerçekleşmemiş ancak ileriye gören projelerin tümü, binaları zamana bağlı katmanlara ayırma ortak fikrini paylaşmaktadır. Bu projeler teknolojiyi kullanma bakımından deneysel olarak adlandırılrsa da, daha geleneksel bina teknolojileriyle uğraşan araştırmacılar ve mimarlar da zamana bağlı katmanlar kavramını incelemektedirler.

Londra Bankası için yerleşim gereksinimlerini araştırırken, muhasebeci ve finansçı Duffy ve Henny(1989) bağımsız olarak bina katmanları teorisi geliştirmiştir. İki katmanlı bina teorisi geliştiren Habraken'den farklı olarak Duffy ve Henny uzun yaşam süresine göre 4 bina katmanı tanımlamaktadır. Kabuk, Servisler, Senaryo ve Durumlar.

- **Kabuk:** Duffy, kabuğu binanın temeli, strüktürü olarak tanımlamış ve 50 yıllık bir yaşam ömrü belirlemiştir. Kabuk, servislerin ve mekan oluşturan bileşenlerin adapte olabilir biçimde bağlandığı çerçevedir.
- **Servisler:** Elektrik, hidrolik, ısıtma, havalandırma, soğutma, asansörler, veri sistemleri için 10 – 15 yıllık süre belirlemiştir.
- **Senaryo:** İç bölümlenme sistemidir; 5 ila 7 yıl yaşam ömrü olan bitişler ve mobilyalar.
- **Durumlar:** Günlük ve haftalık ihtiyaçlarına göre kullanıcıların yerlerini değiştirdikleri hareketli öğeler.

Brand (1994), bina katmanlarını daha detaylı olarak ele alarak, her bir katmana özgü yaşam ömrü tanımlamıştır.



Şekil 3.7 6S diyagramı (Brand, 1994).

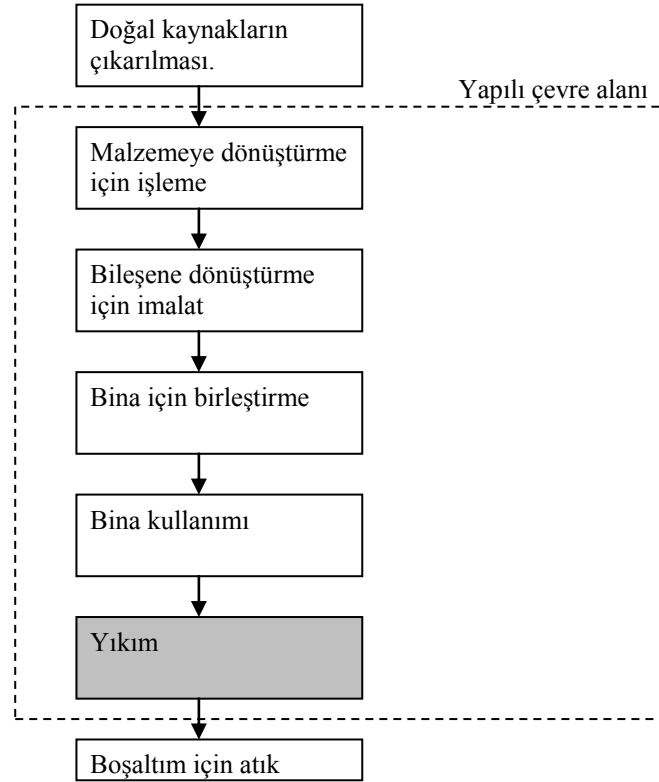
- **Konum:** Coğrafi yerleşim, binanın oturduğu alan, konum ebedidir.
- **Strüktür:** Binayı ayakta tutan, temel ve kolon bileşenleri, strüktürün beklenen yaşam süresi 60-200 yıl arasındadır.
- **Kabuk:** Dış etkileri kontrol eden cephe ve çatı sistemleri. Beklenen ömrü bakım, değişen teknoloji ve modaya bağlı olarak 30-60yıldır.
- **Servisler:** 5-30 yıl arasında tanımlanmıştır.
- **Mekan Planı:** Duffy'nin senaryolarına tekabül eder, ticari bir binada 3 yıl, konutta 30 yıldır.
- **Eşyalar:** Duffy'nin durumlarına tekabül eder, değişim günlük ve haftalıktır.

Brand'in önerdiği 6 katman üst limit olarak algılanmamalıdır. Zaman içinde değişen binaların tanımlanması açısından altı katman uygun olmakla birlikte DUT'tan bahsedildiğinde bina tipolojisi ve tasarım türüne bağlı olarak daha az ya da daha çok sayıda katmana bölmek uygun olacaktır. Ana fikir bina tasarımında farklı yaşam ömrü beklentisine sahip olan elemanların veya bileşenlerin ayrılabilir olarak ele alınması gerektiğidir. Genel kaniya göre Brand'in altı katmanı çoğu bina için uygundur.

Gerçek anlamda ideal bir DUT'a ulaşabilmek, malzemelerin ve bileşenlerin yeniden kullanılabilmesi için binanın tümünün parçalarına ayrılmasıyla mümkün olabilir. Buna ancak aşırı karmaşık ve pahalı bir sistem çözüm olabilir. Katmanlar teorisi benzer ömür beklentisi olan bina bileşenlerini ayırmayı, böylece bunların yeniden kullanımı, başka bir yere taşınması veya geri dönüşümünü mümkün kılmayı amaçlamaktadır.

3.5 Geri Dönüşüm Hiyerarşisi

Endüstrileşmiş 20.yy toplumunda kaynak kullanımı bir kez kullan ve at şeklindedir. Malzemeler doğal ortamlarından çıkarılıp işlenmekte, üretilmekte, bir kez kullanılmakta ve çoğunlukla kirlilik, kaynak tüketimi, doğal çevrenin yok olması ve aşırı enerji tüketimine neden olacak şekilde atılmaktadır. Bu sözde yaşam döngüsü, gerçekte döngüsel değil çizgiseldir. İnşaat endüstrisinde de bu anlayış egemendir. Buna göre bina ömrü, başlangıç, tasarım, inşaat, işletme ve bakım, tadilat ve son olarak yıkım aşamalarından geçmektedir. Benzer olarak bina yapımında kullanılan malzemeler de çıkarma, işleme, üretim, birleştirme, kullanım, yıkım ve atık olarak yaşam döngüsünü geçirmektedirler. Bina veya malzeme yaşam döngüsü etkilerini tartışan bu yaşam döngüsü modeli genellikle “beşikten mezara” modeli olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.8 İnşaat alanındaki yaşam döngüsü modeli: “Beşikten Mezara” (Crowther, 2001).

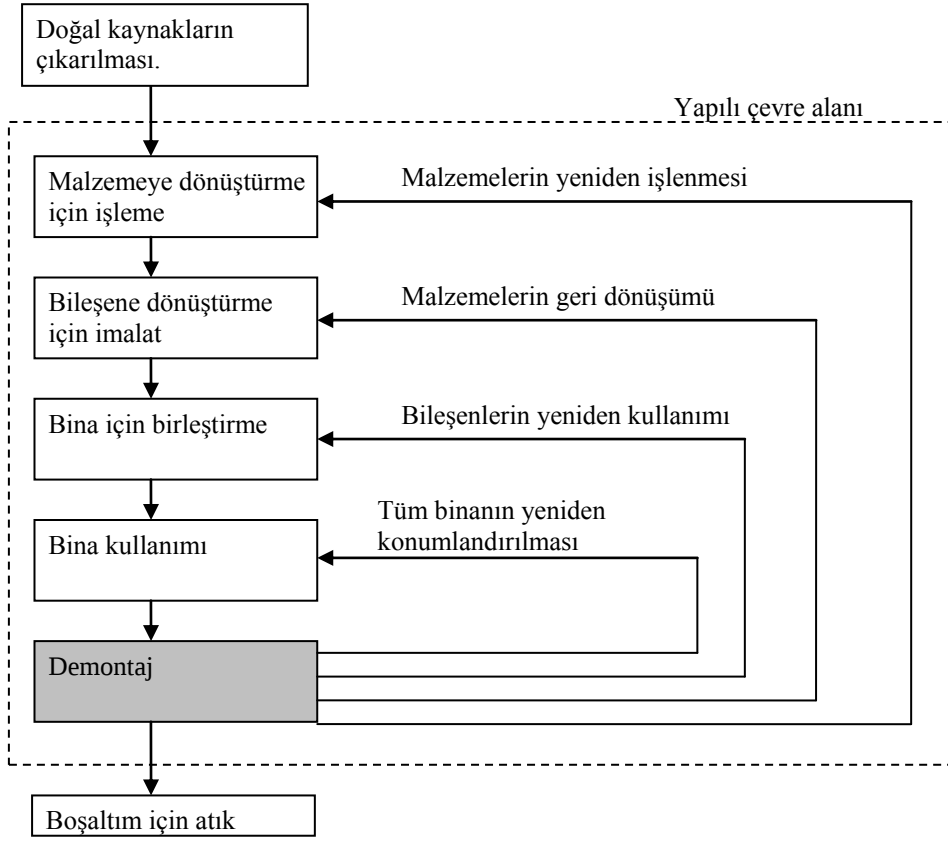
Crowther’a (2005) göre böyle bir çizgisel yaşam döngüsü modelini gerçek anlamda döngüsel bir modele dönüştürmek zor değildir. Böylece istenmeyen bina malzemeleri ve bileşenleri hatta tüm bina geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir. Uygun demontaj stratejileri ile böyle bir geri dönüşüm birçok farklı yoldan gerçekleştirilebilir. Çeşitli sonuçları olan geri dönüşüm senaryoları mevcuttur. Eğer yapı sökümünün teknik sonuçları ele alınacak olursa dört farklı sonuçtan bahsedilebilir:

- Binanın tümünün yeniden kullanımı
- Yeni binanın üretimi
- Yeni bina bileşenlerinin üretimi
- Yeni bina malzemelerinin üretimi

Bunlar dört olası yaşam sonu senaryosu ile ilişkilendirilebilir:

- Bina yeniden kullanımı veya yer değişimi
- Bileşen yeniden kullanımı veya yeni bir binada farklı bir yerde kullanımı
- Yeni bina bileşenleri üretiminde malzeme yeniden kullanımı
- Malzemenin yeni bina malzemelerine geri dönüşümü (indirgenmesi) (downcycling)

Demontaja Uygun Tasarım stratejileri inşaat alanına uygulandığı takdirde, yaşam döngüsündeki yıkım aşaması demontajla değiştirilebilir. Böylece inşaat alanındaki tipik tek yönlü yaşam döngüsü olası yaşam sonu senaryolarına uygun hale getirilebilir ve birçok alternatif döngü üretilebilir. Şekil 3.9’da atık miktarının önemli ölçüde azaldığı alternatif yaşam sonu senaryoları gösterilmektedir. Böyle bir model “beşikten beşiğe” şeklinde adlandırılmaktadır.



Şekil 3.9 İnşaat alanındaki alternatif yaşam döngüsü senaryoları (Crowther, 2005)

Endüstri tasarımı ve ürün imalatı gibi disiplinler, bu konuların çoğunu ele almış ve endüstriyel ekoloji alanında stratejiler geliştirmiştir. Bu stratejilerin incelenmesi ve inşaat alanına adapte edilmesi faydalı olacaktır.

3.5.1 Endüstriyel Ekoloji Alanında Geri Dönüşüm Hiyerarşisi

Endüstriyel ekoloji alanında, bir ürün veya hizmetin çevresel etkilerini azaltmak için bir çok yöntem belirlenmiştir. Bu stratejilerin en önemlilerinden biri geri dönüşüm reytingini arttırmak için tek seferlik döngüyü değiştirmektir. Geri dönüşüm senaryosu, yaşam sonu senaryolarıyla değiştirilebilirse daha iyi anlaşılabilir. Bir ürün veya hizmet için gerçekte birçok olası yaşam sonu senaryosu vardır ama bunlar birkaç temel senaryoya indirgenebilir.

Young [9] endüstri tasarımı ve ürün imalatı yaşam döngüsünde enerji tüketimini azaltmak için 3R Modelini önermiştir. Bu 3R, Re-use - yeniden kullanım, Remanufacturing - yeniden üretim ve Recycling - geri dönüşümdür. Young daha sonra yaşam sonu senaryosu olarak bunlara bakımı da eklemiştir.

- **Yeniden Kullanım:** Bir ürünün amaçlanan kullanımı için bir seferden fazla kullanılması anlamındadır. Örneğin süt şişesinin tekrar süt ile doldurulması için mandıraya geri gönderilmesi.
- **Yeniden Üretim:** Bir ürünün temel bileşenlerine ayrılmak üzere üretim yerine geri gönderilmesi, kullanıma uygun bileşenler varsa yeni ürünlerin üretiminde yeniden kullanılmasıdır.
- **Geri Dönüşüm:** Ürünlerin üretim işlemi esnasında kullanılan hammaddelerin yerini tutmaları için temel maddelerine ayrılmaları amacıyla toplanmalarıdır.
- **Bakım:** Ürünlerin ilk servis sürelerini uzatmak için bakım ve onarımlarının yapılmasıdır.

Young'a (1998) göre çevresel açıdan bu senaryoların bazıları diğerlerine göre daha yararlıdır. Üretim esnasında harcanan enerjiyi korumak bakımından yeniden kullanım yeniden üretime, yeniden üretim de geri dönüşüme tercih edilmelidir. Bu hiyerarşi toplama, nakliye ve çeşitli senaryolara göre ürünleri işlemenin gerektirdiği enerji maliyetlerine göre oluşturulmuştur. Genel olarak az işleme, az enerji, daha az çevresel yük demektir.

Ayres ve Ayres (1996) de, Young gibi yeniden kullanım, onarım, yeniden üretim ve geri dönüşüm senaryolarını tanımlamıştır. Ancak geri dönüşümün birtakım sorunlarından kurtulmak için yeniden kullanım, onarım ve bakımın tercih edilmesi gerektiğini söylemiştir. Geri dönüşümün atık üretimi ve çevre kirliliğini azaltmak yerine doğrudan arttırabileceğini belirtmiştir.

3.5.2 İnşaat Alanında Geri Dönüşüm Hiyerarşisi

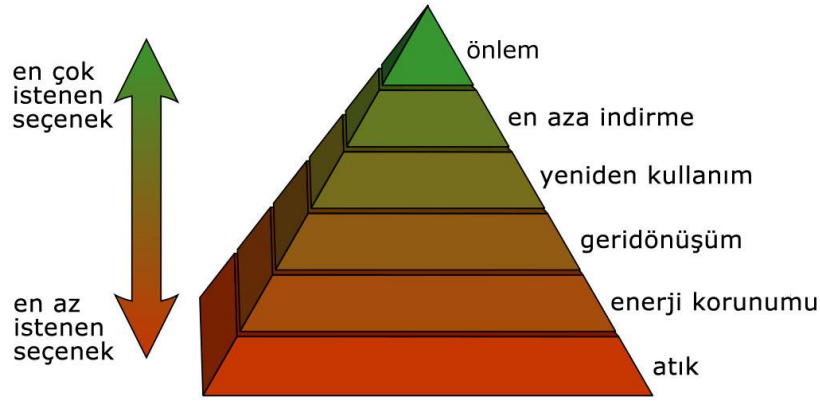
Endüstri tasarımı alanında yeniden kullanım ve geri dönüşüm konuları endüstriyel ekoloji bağlamında incelendiği halde, mimarlık ve inşaat alanında henüz bu konular geniş anlamda ele alınmamıştır. Sürdürülebilir mimarlık alanında pek çok yazar yeniden kullanım ve geri dönüşümün avantajlarından söz etmişlerdir. Malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanıldığı pek çok örnek bulunmaktadır.

Bu konuda üç grup yazar: Fletcher, Popovic ve Plank(2000), Guequierre ve Kristinsson(1999) ve Kibert ve Chini(2000a) yaşam sonu senaryoları hiyerarşisiyle yapıları alan arasındaki ilişkiyi tespit etmişlerdir.

- Fletcher, Popovic ve Plank:
 - Sistemler Katmanı: Değişen gereksinimlere uyum sağlayabilen, adapte olabilir binalar
 - Ürün Katmanı: Binanın ürünleri veya katmanları geliştirme, onarım ve yenilemeye izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Yenisiyle değiştirilen ürünler, daha sonra yeniden döngüye girebilirler.
 - Malzeme Katmanı: Bir ürün kendini oluşturan maddelerine ayrıldığında geri dönüşüme maruz kalabilir.
- Guequierre ve Kristinsson: Fletcher, Popovic ve Plank ile endüstriyel ekoloji araştırmacılarının aksine, en uygun yaşam sonu senaryosunu belirlemek üzere yeni binaların tasarımıyla değil, mevcut binaların analiziyle ilgilenmişlerdir. Tasarım yoluyla nasıl daha üst düzeyde yaşam sonu senaryosuna ulaşılabilceğiyle değil mevcut bina malzemeleri ve bileşenleriyle ne yapılabileceğini araştırmışlardır. Bu nedenle modelleri yakma ve atık gömme senaryoları içermektedir. Sonuçta 4 senaryolu bir model önermişlerdir:
 - Ürünlerin onarılması
 - Malzemelerin geri dönüştürülmesi
 - Yakma
 - Atık alanlarına bırakma.

Modelleri mevcut binaların değerlendirilmesine dayandığı için tüm binanın yeniden kullanımına yönelik bir sistemden söz etmemişlerdir.

- Kibert ve Chini, çevresel etkileri azaltmaya yönelik bir yöntem olarak bina demontajı alanında yazmışlardır. Atık alanlarına bırakma, yakma, kompostlama, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve küçültmeyi içeren atık yönetimi hiyerarşisi önerisi getirmişlerdir. Yeniden kullanım katmanı çevresel etkileri açısından en avantajlı katman olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.10 Atık hiyerarşisi [10]

Atıkların yaşam döngüsüne katılmasıyla ilgili olarak en çok istenenden en az istenene göre bir hiyerarşi oluşturulmuştur. Şekil 3.10'de görüldüğü üzere öncelikle önleyici prensiplerin devreye girmesi, atıkların mümkün olduğunca oluşmadan engellenmesi gereklidir. İnşaat alanında bu prensibe örnek olarak, yüksek kaliteli ve gelecekteki etkileri göz önüne alınarak malzeme seçilmesi verilebilir. Guy ve Ciarimboli (2005), bu prensipten Demontaja Uygun Tasarım Rehberinde ikinci prensip olarak bahsetmişlerdir. Atıkların en aza indirilmesi için çok iyi planlama gereklidir. Daha sonrasında yeniden kullanıma uygun malzeme ve bileşenlere yer verilmeli hatta yeniden kullanıma uygun bina tasarlanmalıdır. Geri dönüşüme uygun parça ve bileşenler bir sonraki seçenektir. Bir sonraki seçenek ise enerjinin korunmasıdır. Kaçınılmaz olarak tüm malzemeler sonunda atık havuzlarında yerini alacaklardır. Bunun gerçekleşmesini zorlaştırmak, düşünme ve uygulama biçimlerinin değiştirilmesiyle olacaktır.

3.6 Dayanıklılık, Adapte Olabilirlik, Esneklik

Bir binanın tahmini yaşam süresi, onun strüktürel bütünlüğünü uzun süre korumasına, fonksiyon ve stil bakımından da istenilir olmasına bağlıdır. Bir binanın strüktürel bütünlüğü, malzemelerin dayanıklılığı ve inşaatın kalitesine bağlıdır. İstenilir olma binanın zaman içindeki değişikliklere adapte olabilmesine bağlıdır. Bina tasarımında dayanıklılık ve adapte olabilirlik arasındaki denge esneklikle sağlanabilir (Khawaja, 2005)

Bowes ve Golton' a (2001) göre, bir binanın kullanılmaz olması binanın yıkım zamanını belirleyen faktördür. Binalar genellikle teknik ömürlerinin sonuna gelmeden, kullanıcıları onları kullanmaktan vazgeçtiği zaman yıkılırlar. Binaların kullanılmama sebepleri ekonomik açıdan finansal ve konumla ilgili, kullanılabilirlik açısından fonksiyon ve çevre ile ilgili,

sosyal açıdan; stil ve düzenleme ile ilgili ve strüktürel açıdan; strüktürel bozulma olarak sayılabilir.

Binaları dayanıklı olmaları için tasarlamak, maliyeti düşürmeye ve işletme ve bakımdan kaynaklanan negatif çevre etkilerini, örneğin yenilemeler esnasında kullanılan malzemeleri ve ortaya çıkan atıkları azaltmaya yardımcı olabilir. Fakat diğer taraftan eğer bina beklenen yaşam süresinden önce yıkılırsa yukarda bahsedilen pozitif etkenler tersine dönecektir. Bu durumda bir binanın uzun ömürlü olması isteniyorsa sağlamlık, adapte olabirlikle dengelenmelidir.

Tasarım sürecine adapte olabirlik dahil edilerek, binanın hem mevcut kullanımı esnasındaki değişikliklere hem de farklı kullanımlara adapte olabirliğine imkan tanınmış olacaktır. Bina tasarımındaki bu esneklik, katmanlara sahip, değişen kullanıcı istekleri ve çevresel etkilere yanıt verebilen bir yapı ile sağlanabilir.

3.7 Endüstriyel Esnek ve Demonte Edilebilir (EED) Bina Sistemleri:

Richard (2006), Endüstriyel Esnek ve Demonte Edilebilir (EED) Bina Sistemlerini, mimaride kalite, ekonomi ve sürdürülebilirliğe ulaşmak açısından en önemli metot olarak tanımlamaktadır. Endüstriyel olması üretimi kolaylaştırarak, üst düzey kaliteye erişmek için gereken süreçleri amorti edebilmesine, esnek olması iç bölmeler veya dış duvarların tahribata uğramadan zaman içindeki fonksiyonel değişikliklere uyum sağlamasını, demonte edilebilir olması yeniden düzenleme veya yer değiştirme gereksinimlerine yanıt verebilmesini sağlamaktadır.

EED Bina Sistemlerinde otomotiv, gemi ve uçak endüstrisinde olduğu gibi seri üretimin avantajlarından faydalanılmaktadır. Endüstrileşmenin hem kalite ve ekonomi açısından hem de sürdürülebilirlik açısından faydaları vardır.

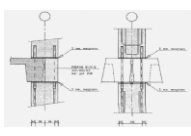
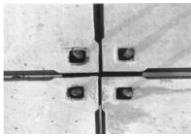
Endüstrileşme sayesinde büyük miktarlarda üretilen birimler sürecin maliyetini oldukça düşürmektedir. Böylece bu süreç işlem sayısını azaltmakta, basitleştirmekte ve kesinlik katmaktadır. Sonuçta daha kaliteli ürünleri daha ucuza elde etmek mümkün olmaktadır.

Endüstrileşme sürdürülebilirliğe de katkıda bulunmaktadır. Aşağıda belirtilen avantajların ilk ikisi ekonomik açıdan, devam eden dördü fabrika üretimi açısından ve son ikisi de zaman içindeki adapte olabirlik açısından sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

- Her yeni proje için çoğunlukla daha önce birlikte çalışmamış kişilerin bir araya geldiği organizasyonların kurulması yerine, küresel bir organizasyon kurularak aynı metotların, bilgi ve deneyimlerin paylaşması
- Geleneksel inşaat uzun süren emek yoğun işlemlerin yerini basitleştirilmiş süreçlerin devralması, böylece proje için tüketilen toplam enerji miktarının azaltılması
- Fabrika ortamının kötü hava koşullarından etkilenmemesi nedeniyle buna bağlı zaman kaybının önlenmesi
- Modüler koordinasyon, toptan satın alma ve fabrika uygulaması bitişler sayesinde normal inşaat uygulamalarına kıyasla atık oranlarının %40 - %100 arasında azaltılması
- İnşaat sırasında fark edilmeyerek sonradan onarım gerektiren hataların fabrika şartlarındaki kalite kontrol sayesinde oluşmadan önlenmesi
- Fabrika üretiminin getirdiği kesinlik sayesinde inşaat sahasındaki montaj işlerinin azalması, böylece inşaat sahasının temiz ve atıksız kalması,
- Esnek bileşenler ve alt sistemlerde kuru birleşim metodu kullanıldığı için değişikliklerin önceden planlanabilmesi böylece yenilemeye bağlı atıkların oluşmadan önlenmesi,
- Demonte edilebilir bileşenler ve alt sistemlerde kuru birleşim metodu kullanıldığından yeniden düzenleme veya yer değiştirmelere olanak sağlanması

Hollanda hükümeti EED Bina Sistemlerini desteklemektedir. Klasik yerinde dökme beton yerine esnek, demonte edilebilir birleşimli prekast beton strüktürlerin kullanıldığı projeler sübvansede edilmektedir. Binaların esnekliği ve demonte edilebilirliğinin sağlanması için atık değerlendirme ve bertaraf ücretlerini arttırmayı da içeren bir takım yeni önlemler alınmış ve yasal düzenlemeler yapılmıştır. Mevcut demonte edilebilir bina sistemlerinin analiz edildiği ve sınıflandırıldığı bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışma neticesinde Hollanda’da beş adet temel demonte edilebilir prekast beton bina sistemi olduğu tespit edilmiştir. Bunlar MXB-5, Bestcon-30, CD-20, Moducon 2000 ve SMT sistemleridir. Bu sistemlerin teknik özellikleri Çizelge 3.2’de karşılaştırılmaktadır (Kowalczyk vd., 2000).

Çizelge 3.2 Hollanda’da esnek demonte edilebilir prekast beton strüktür sistemleri

	MXB-5	Bestcon-30	CD-20	Moducon-2000	SMT
Standart zemin elemanları	360x540/720 cm	360x540/720cm	360x480/540 /660/720cm	360x540/720cm	360x540/720cm 37.5x56.25/75cm
Standart kolonlar	20x20cm /30x30cm	30x30cm	20x20cm /30x30cm	30x30cm	25x25
Kurulum hızı	800m ² /gün	500m ² /gün	800m ² /gün	400m ² /gün	500m ² /gün
Azami yük	1000kg/m ²	800kg/m ²	470kg/m ²	600kg/m ²	600kg/m ²
Döşeme tipi	Nervürlü	Kaset	Nervürlü	Kaset	TT
Kalınlık	6/32cm	8/25cm	8/20cm	8/20/32cm	10/16/40cm
Görseller					
					

Yapılan yasal düzenlenmeler neticesinde Hollanda’da bina bileşenleri %80 oranında geri kazanılmakta, yeniden kullanılmakta veya geri dönüştürülmektedir.

Japonya’da endüstriyel ev üretiminin birkaç on yıllık geçmişi bulunmaktadır. Otomotiv endüstrisindeki seri üretime benzer şekilde 3 boyutlu paneller ve modüller fabrikada üretilmektedir. Ev modelleri daha üst bir modelle değiştirilmek istendiğinde üretici firma evin ilgili bileşenlerini demonte ederek yeni bileşenleri monte etmekte, demonte edilen bileşenler geri dönüştürülmekte veya başka bir alana taşınabilmektedir. Japon endüstriyel ev sistemlerinin maliyeti klasik yöntemle inşa edilen evlere göre $\pm$ %8 fark etmektedir. Buna karşılık kalite bakımından endüstriyel ev sistemleri çok üst düzededir.

Küresel çapta bakıldığında birçok ülkede bileşenler ve alt bileşenler endüstrileşmişse de, inşa etme işi halen emek ve saha yoğun, ticaretin yönlendirdiği, pahalı bir aktivitedir. EED Bina

Sistemleri yaygınlaştığı taktirde ekonomi, kalite ve sürdürülebilirlik açılarından faydalarının daha geniş kitlelere ulaşacağı açıktır.

3.8 Demontaja Uygun Tasarımın Önündeki Engeller

Bina malzemeleri ve bileşenlerinin yeniden kullanımına yönelik, başarılı demontaja engel olan en önemli unsurlardan biri malzemeleri iyi koşullarda saklamanın güçlüğüdür. Modern inşaat yöntemleri sabit tespit yöntemlerine fazlasıyla bağımlıdır. Bu da yıkımdan başka çok az seçenek bırakmaktadır. Eğer binalar en başında demontaja uygun tasarlanmış olsalar, yeniden kullanıma uygun daha fazla malzeme başarılı olarak geri kazanılacaktır. Bu hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük avantaj sağlayacaktır (Crowther, 2001).

Yıkılan veya adapte edilen binalardan geri dönüşüm ve yeniden kullanıma yönelik malzemeyi uygun maliyetle kurtarmak genellikle zordur. Bunun nedenleri:

- Yenilenebilir ve fiber içerikli malzemeler yerine inorganik ve organik minerallerin (petrol), kimyasal karmaşıklıkları nedeniyle geri dönüşümü zor olan kompozitlerin artan kullanımı.
- Söküm ve ayrıştırma için gereken mekanik, termal, optik ve ses işlemlerini kullanabilme yetisi ve işçilik maliyetleri.
- Geri alması aşırı derecede güç olan hava basıncıyla çivileme, zımbalama ve yapıştırma tekniklerinin kullanılması
- Açık bağlantıları ve detayları aynı zamanda estetik olarak uygulayabilen ustaların aşırı işgücü maliyeti nedeniyle yok olması.
- Temel bir örtü ve strüktürel sistem yerine sayısız katmandan oluşan bitiş malzemeleri kullanarak elemanları kaplama.
- Uzun süreli olmayan mal sahipliği, adaptasyon, yenileme ve yıkım maliyetleri.
- Söküme uygun tasarlanmış yapıların kısa süreli ömürlerinin (sergi mekanları, gösteri mekanları, vs.) olduğuna dair anlayış.

Story ve Pederson (2003), bina demontajı ve malzemelerin yeniden kullanımı ile ilgili zorluklar ve engellerden bahsettiği makalesinde, bu zorlukların nasıl üstesinden gelineceğine dair çözüm önerileri sunmuşlardır. Bu zorluklar ve çözüm önerilerini, yasalar, sektör, yapım

ve yıkım endüstrisi, ekonomik faktörler ve teknik konular olmak üzere beş başlık altında toplamışlardır. Çizelge 3.3’te bu konular detaylı olarak incelenebilir.

Çizelge 3.3 DUT önündeki genel geçer engeller (Story ve Pederson 2003).

Engel	İlişki	Çözümler
1-Yasalar		
Mevcut standart şartnameler	Standartlar yeni malzeme kullanılması gerektiği izlenimi veriyor	Yeniden kullanılmış, geri dönüştürülmüş bileşenleri içeren standart şartnamelerin geliştirilmesi Yeniden kullanılmış, geri dönüştürülmüş bileşenlerin kullanıldığı başarılı örneklerin belgelenmesi ve yayınlanması
2-Sektör		
Geri dönüştürülmüş bileşen ve malzemelerin yüksek depolama ve nakliye maliyetleri	Küçük ve dağınık yerleşim	Sektörün ağ oluşturması Sahadan direkt satış
Bazı geri kazanılmış malzemelerin gelişmemiş olması	Bazı geri dönüştürülmüş veya geri kazanılmış malzemeler için kullanım alanı bulmak güçtür	Sorun olan malzemelere odaklanan araştırmanın artırılması
Tasarımcı, toplum, yüklenici yaklaşımı: “yeni iyidir” ve yeni binalar kalıcıdır.	Binalarda kullanılan veya kullanılması için seçilen malzemelerin çoğu yenidir. Demontaja Uygun Tasarım nadirdir.	Bütünsel tasarım prensipleri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi alanlarında mimarların eğitilmesi. Toplum, tasarımcı ve yüklenicilerin genel anlamda eğitilmesi. Yeniden kullanılacak malzeme ve DUT için kolay kullanım kılavuzları Yeniden kullanılan malzemelerle ilgili araştırmaların derlenmesi ve yayınlanması
Yeniden kullanılan bileşenlerle ilgili derecelendirme sisteminin eksikliği	Yerel ahşap ve tuğla malzemeler genellikle stüktürel olmayan alanlarda kullanılmaktadır.	Derecelendirme sisteminin geliştirilmesi Yeniden kullanılan malzemelerin derecelendirilmesi alanında eğitim Yükümlülük konusu ele alınmalı
Kalite garantili ve yeniden kullanılan malzemelerin miktarını belirlemek güçtür.	YZ’da küçük alanlar coğrafi olarak izoledir. Ekonominin ölçeği büyük bir geri kazanım pazarını destekleyecek ölçüde değildir	İkinci el malzeme satanlar ve kullananların ağının genişletilmesi Bina demontajının artırılması
Bina demontajı uygulayacak bilgi ve araç eksikliği mevcuttur	Uygulamaya rehberlik edecek bilgi ve belge yokluğu, özel fizibilite çalışmaları ve açık örnek projelerin olmaması	Kılavuzların yayınlanması, uygulama fikirlerinin geliştirilmesi Yeni Zelanda Atık Stratejisi hedeflerini uygulamaya sokacak yollar bulunmalı Pilot araştırmalar ve test çalışmalar artırılmalı Engelleri aşmak için stratejik planlama yapılmalı

3-Yapım ve Yıkım Endüstrisi		
Yapım ve Yıkım endüstrisinde iletişim ve ağ yokluğu	Yeni Zelanda’da yasalara aykırı, işbirliği etmeyen, hiyerarşik yapım ve yıkım endüstrisi	Daha iyi iletişim, ağ oluşturulması ve işbirliği Konferanslar, tartışma grupları, ağ oluşturma, profesyonel makaleler ve yayınların artırılması
Demontaja Uygun Tasarım eksikliği	Uluslararası araştırmalar Yeni Zelanda’ya her zaman uygulanamamaktadır. YZ’de örnek bina eksikliği vardır. Mimarlık okullarında DUT öğretilmemektedir.	Tasarımcı ve mimarların yarışmalar, konferanslar, eposta, tartışma grupları ve örnek çalışmalar ile eğitilmesi Mimarlık okullarında eğitim. Eğitici kaynakların ve örnek projelerin geliştirilmesi ve paylaşılması
Araştırma için fon bulma zorluğu	Çevre Bakanlığı Bilim ve Yenilikler Direktifi	Hükümetler ve fon ajansları atık azaltılmasına öncelik göstermelidir.
4-Ekonomik faktörler		
Bina demontajının faydaları uzun vadeli ve müşterektir.	Yalnızca ilk maliyeti hesaplayan ekonomik gelişme	Bina izinlerinin onaylanmasında zorlayıcı yasalar ve artan gereklilikler. Çevreci binaların etkileri üzerine gayrimenkul geliştiricilerine yönelik eğitim.
Bina demontajı için finansal teşvik eksikliği		Yapı sökümü özendirmek için ekonomik teşvik ve caydırıcı önlemlerin yürürlüğe konması
Piyasa baskısı: “olabildiğince hızlı”	Yıkım aşamasında maksimum malzemeyi kurtarmak için gereken zamanın kısıtlı olması. Söküm daha uzun sürer.	Yıkım yüklenicilerine sübvansiyonlar Yıkım yüklenicilerinden bağımsız olarak malzemelerin demontajı Çevresel sorumluğun geliştiricilere yüklenmesi
Bazı durumlarda söküme uygun ekonomik değerlendirme araçlarını ve yaşam döngüsü değerlendirmesini uygulamak güçtür.	Yeni Zelanda’da yapı söküme özel geliştirme araçları veya ulusal fizibilite araştırmaları yoktur.	Mevcut araçların tek elde toplanması , web sitesi olabilir. Bölgeye özel olmayan araçların veya daha esnek parametrelerin geliştirilmesi.
Bina demontajı yıkımdan daha kalifiye işgücü gerektirir.	Düzenlemeye tabi olmayan yıkım endüstrisi. Üzerinde çalışılacak örnek uygulamaların olmayışı.	Geleneksel yıkımdan yapı söküme geçiş için olanakların artırılması İnşaat ve yıkım sektörleri arasında işbirliği
5-Teknik Konular		
Belge eksikliği	İnşaat sırasında kullanılan malzemelerin kayıtları tutulmamaktadır	Kullanılan malzeme kayıtlarının daha iyi tutulması Kayıtların mevcut binada saklanması
Yerinde uygulama teknolojilerinin giderek artması, kimyasal bağlar ve plastik dolgu macunları vs.	Yeni binalarda çoğunlukla kullanılmaktadır. Çoğu betonarme yapı yerinde döküm bileşenlere sahiptir.	Bu tekniklere alternatiflerin araştırılması Bu birleşimleri ayırma yolları geliştirilmeli
Mevcut binaların çoğu söküme uygun tasarlanmamıştır.	Geçerli durum.	Bu binaları etkin bir şekilde demontajının yolları araştırılmalı ve geliştirilmeli DUT teknikleri eğitim kurumlarında öğretilmeli

Yukarıdaki çizelgede detaylı olarak verilen engellerin çoğu Türkiye için de geçerlidir. Farklı bir sınıflandırma ile Türkiye'deki bina demontajının önündeki engeller: müşteri kitlesi, Demontaja Uygun Tasarım stratejilerinin yokluğu, araç gereç ve eğitim eksikliği, kullanılmış bileşenlere talep eksikliği olarak sayılabilir (Elias-Özkan, 2003b).

Müşteri Kitlesi

Kullanılmış bina malzemesi müşterileri çoğunlukla düşük gelir grubuna mensuptur bu nedenle de bu malzemeler düşük kaliteli evlerle ilişkilendirilmektedir. Daha üst gelir seviyesine mensup müşteriler, yeni malzemelerin daha dayanıklı olduğuna inandırılmışlardır. Bu sayede konut geliştiricileri daha yüksek kar elde edebilmektedirler. Ticari yapılar çelik, granit ve cam ile inşa edilmekte ve bu yapıların pürüzsüz imajına zarar verebilecek ikinci el marketleri tercih edilmemektedir.

Demontaja Uygun Tasarım Stratejileri Yokluğu

Konuyla ilişkili istatistiki veri eksikliği nedeniyle yapım ve yıkım atıklarının çevresel etkileri bilinmemektedir. Sonuç olarak mimarlar ve müteahhitler binalarının akıbeti ile ilgilenmemektedirler. Tasarlanan ve inşa edilen binaların her zaman var olacağı kanısı hakimdir ancak gerçekte çoğu zaman tersi olmaktadır. Bu konular tasarım eğitime dahil edildiği takdirde Demontaja Uygun Tasarım stratejilerinin yokluğu ile başa çıkmak mümkün olabilecektir.

Araç Gereç ve Eğitim Eksikliği

Araç gereç eksikliği veri eksikliğine bağlıdır. Demontaja Uygun Tasarım teşvik edildiği takdirde araç gereç eksikliği de bir yere kadar telafi edilebilir. Malzemelerin yeniden kullanımını arttırmak ve söküm işçilerinin sağlık ve güvenliğinin sağlanması açısından eğitim eksikliği daha önemlidir.

Kullanılmış Bileşenlere Talep Eksikliği

İkinci el yapı malzemesi pazarı Türkiye'nin tüm büyük şehirlerinde mevcuttur. Binalar sonunda demonte edilecekleri bilinciyle inşa edilmiş olsalar, daha fazla malzeme daha az zarar görerek kurtarılabilir. Kullanılmış bir yapı malzemesinin değeri onun durumuyla ilgilidir, eğer bir malzeme veya bileşen neredeyse yeni gibi kurtarılabilirse daha geniş bir pazara daha kolay bir şekilde sunulabilir.

3.9 Demontaja Uygun Tasarım Örnekleri

Örnek uygulamalar, zamana bağlı katmanlar teorisini ortaya atan F. Duffy ve onu geliştiren Stewart Brand'in 6S sistemine göre incelenmiştir: (Site, Structure, Skin, Services, Space Plan, Stuff). Konum, strüktür, kabuk, servisler, mekan planı, eşyalar. Bu katmanlar her zaman birbirleriyle çekişme içindedir. Örneğin en hızlı değişen katmanlardan mekan planı, en yavaş değişen, en az esnek olan strüktür katmanı tarafından kontrol edilmektedir. Yalnızca tüm bina yeniden konfigüre edileceği zaman değiştirilebilen iç mekandaki bir strüktürel eleman, iç mekanda yapılacak değişiklikleri sınırlamaktadır. Eğer bina fonksiyonunu optimize etmek amacıyla mekan planında yapılması gereken değişiklik, iç mekandaki strüktürel eleman tarafından engelleniyorsa, bu durum tüm binanın erkenden kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu sorunlardan kaçınmak için tasarımcıların bina bileşenlerinin kullanım ve aşınma döngüleri olduğunu göz önünde bulundurmaları gereklidir. Böylece tasarımcılar minimum atık, minimum maliyet ve binanın fonksiyonunu yitirmemesi için gereken değişiklikleri planlayabilirler. Örnek uygulamalar incelenirken eşyalar kategorisi dahil edilmemiştir.

Brand'in 6S katmanı kısaca aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

- **Konum:** Coğrafi yerleşim, kentsel konum, yasal olarak belirlenmiş parsel bina yaşamından daha kalıcıdır.
- **Strüktür:** Temel ve kolon kiriş elamanları 30-300 yıl arasında dayanabilir ancak çoğu bina bu kadar uzun süre ayakta kalamaz.
- **Kabuk:** Çerçeveler, dış bitişler, pencereler vs. görünüm veya tamir nedeniyle 25yıl civarında değiştirilirler.
- **Servisler:** Sıhhi tesisat, ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri ve asansörler gibi hareketli elemanlar 7-15 yıl civarında yenilenirler. Eğer gömülü oldukları alan değişikliğe izin vermiyorsa tüm binanın yıkılmasına neden olabilirler.
- **Mekan Planı:** Mekanların bölünmesi, iç mekan bitişleri ticari yapılarda 3 yıl civarında, konutlarda daha uzun sürede değişikliğe uğrar
- **Eşyalar:** Mobilyalar, serbest aydınlatmalar, ev gereçleri günlük veya haftalık olarak yer değişimine uğrayabilirler.

3.9.1 Marie Short Konutu, Avustralya

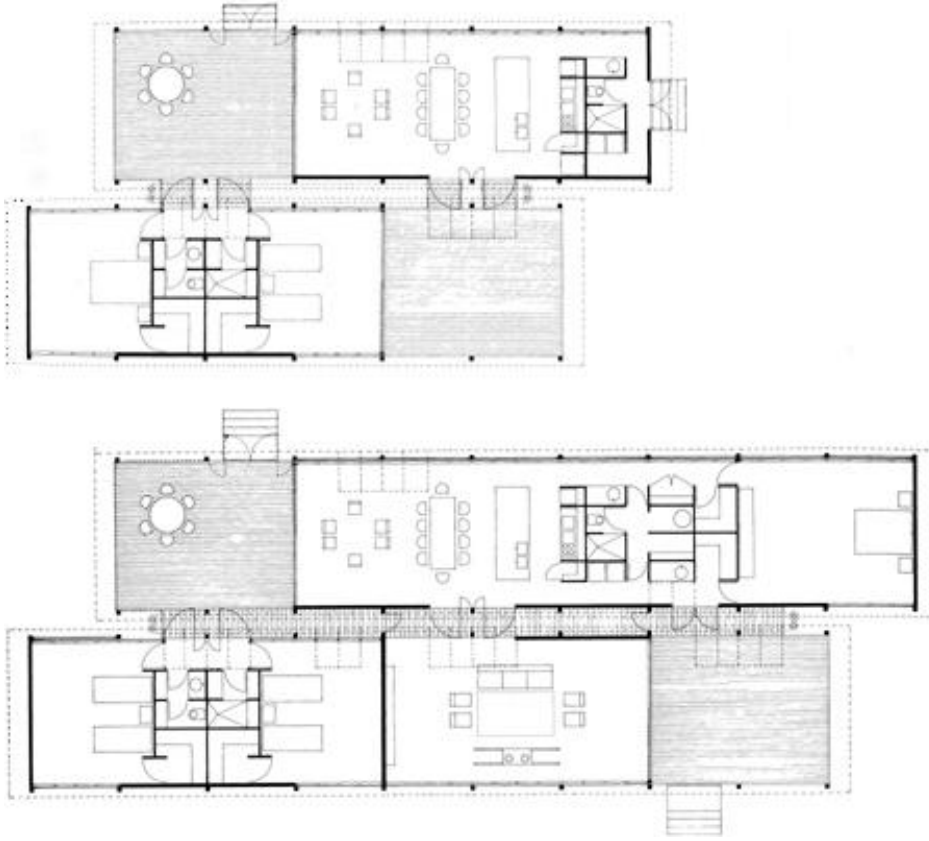
Marie Short konutu, Avustralyalı Mimar Glenn Murcutt tarafından DUT prensiplerini örnekleyen bir yapı olarak, Avustralya’da ılıman iklimde inşa edilmiştir. Müşterinin isteği üzerine adapte olabilirlik, sökülebilirlik, birleştirilebilirlik, hareketlilik kavramları akılda tutularak tasarlanmıştır.



Şekil 3.11 Marie Short konutu [11]

Konum: Murcutt, Marie Short konutu tasarımında eski bir Aborjin konsepti olan toprağa hafifçe dokunma kavramını uygulamıştır. Bu kavram ayaklar üzerine alınmış bir temel ve yükseltilmiş döşeme olarak yorumlanmıştır. Bina ısıtma ve soğutma sistemlerini azaltmak için pasif havalandırma ve güneş enerjisinden faydalanacak şekilde yönlendirilmiştir.

Strüktür: Tek katlı, açık zemin planı ve modüler strüktürel grid kullanımına izin veren kolon kiriş sistemi kullanılmıştır. Grid sistemi kullanımı her türlü yanal gelişime izin vermek üzere planlanmıştır. 1980’de bu grid planı kullanılarak bina genişletilmiştir. Bunu sağlamak için orijinal binanın çatı ve verandası demonte edilmiş ve yeni binada tekrar kullanılmıştır. Cıvata gibi kuru birleşim detayları kullanımı, söküm sürecinde neredeyse hiç atık oluşmasını sağlamıştır. Yanal stabilite, bu fonksiyon için malzeme kullanımını en aza indirgeyen aynı zamanda etkileyici bir eleman olan diyagonal çelik gergi çubukları kullanılarak sağlanmıştır.



Şekil 3.12 Marie Short konutu 1975 orjinal planı ve 1981 genişleme planı (Guy ve Ciarimboli, 2005).

Kabuk: Bina kabuğu, çeşitli pencere ve cam düzenleriyle, güneş ve rüzgar gibi doğal elemanların kullanımını maksimumda tutacak şekilde planlanmıştır. Hafif malzemeden yapılmış, tepe pencereleri için dolgu paneller, ayarlanabilir panjurlar ve hareketli bölmeler pasif sistemlere yardımcı olan elemanlardır. Bu sayede izolasyon için gerekli olan conta, dolgu, kalafat gibi malzemelere bağımlılık minimum düzeyde tutulmuştur. Tümüyle yerel malzemeler kullanılmıştır.

Servisler: Pasif sistemlerin konum, strüktür ve kabuğa entegre edilmeleri sayesinde servisler minimumda tutulmuştur. Çatı sistemi evi etkin bir şekilde havalandırmak için doğal konveksiyonu kullanmaktadır. Tesisat çekirdekte toplanmıştır.

Mekan Planı: İç mekanda çoğunlukla işlenmemiş malzeme kullanılmış, doğal ışık ve temiz hava olmasına önem verilmiş ve minimalist bir yaklaşım sergilenmiştir.



Şekil 3.13 Marie Short konutu iç mekanı [12] [13]

3.9.2 R128 Konutu, Almanya

Stuttgart, Almanya'daki dört katlı, giydirmeye cam cepheli bu konut küp şeklindedir. R128 tamamen parçalarına ayrılabilir ve tüm malzemeleri yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir şekilde tasarlanmıştır. Banyo haricinde kapalı oda veya duvar yoktur. Şeffaflık, mekanda bulunan kişinin kendini doğada hissetmesi amacıyla seçilmiştir. Evin ısınma için enerji ihtiyacı pasif güneş enerjisi sistemleri tarafından karşılanmaktadır. Elektrik, fotovoltaik piller ile üretilmektedir. Ev bilgisayarla kontrol edilmektedir.



Şekil 3.14 R128 konutu [14]

Bina değişime uğrayacağı ya da söküleceği zaman hiç atık oluşturmayacaktır. Yaşam döngülerinin sonunda, tüm bina elemanları yakılmaya veya atık sahalarına gönderilemeye

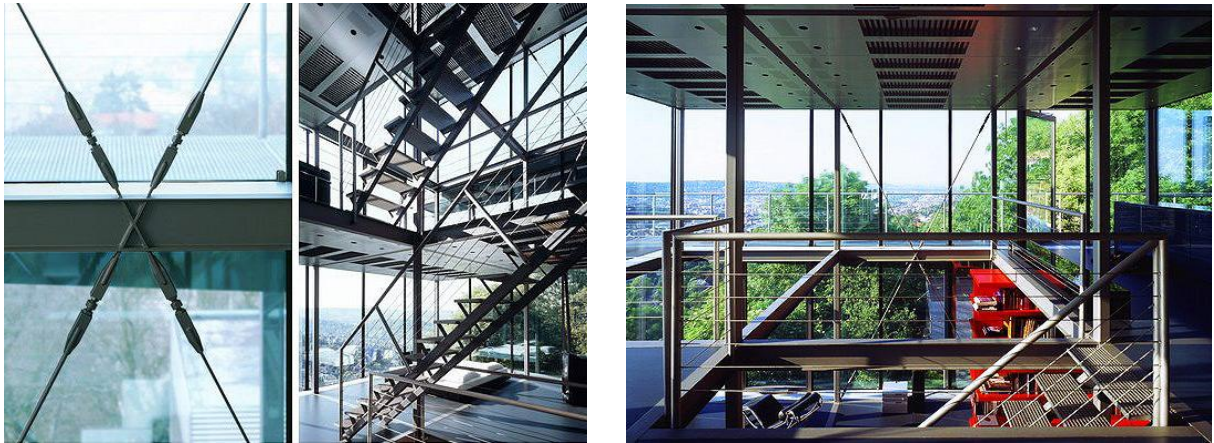
gerek kalmadan geri dönüştürülebilecektir. Binanın oturduğu alan, bina söküldüğünde herhangi bir iz ya da atık bırakmadan eski haline kavuşacaktır.

Mimar Werner Sobek, Sıfır Enerji Binası, Sıfır Emisyon Binası ve Sıfır Atık Binası olarak tanımladığı “Üçlü Sıfır” yaklaşımıyla binanın çevreye hiç zarar vermemesine çalışmıştır.

Sıfır Enerji Binası: Binanın enerjiye ihtiyacı yoktur. Isıtma, soğutma, sıcak su, yedek güç ve evdeki tüm aletler için gereken enerji yenileyici kaynaklardan sağlanmaktadır.

Sıfır Emisyon Binası: Bina hiç CO2 emisyonu üretmemektedir. Binanda herhangi bir yakma işlemi yapılmasına müsaade edilmemektedir.

Sıfır Atık Binası: Bina değişikliğe uğrayacağı ya da söküleceği zaman hiç atık oluşmayacaktır. Yaşam döngülerinin sonunda tüm bina elemanları herhangi bir yakma ya da atık alanına gönderme işlemine tabi tutulmadan tamamen geri dönüştürülebilecektir. Bina söküldüğünde inşaat alanı herhangi bir bulaşma veya evsel atık olmadan yine doğaya dönebilecektir.



Şekil 3.15 İç mekan detayları [14]

Bu binanın önemli özellikleri önyapımlı, modüler sistemli ve saha koşullarına uyarlanabilir olmasıdır. R128 bir kitlesel bireyselleştirme örneğidir. Verimi arttırmak için saha dışında üretilmiş, geri dönüşümü zor olacağından kompozit elemanların oluşmasına neden olan kalıcı bağlantı yöntemlerini kullanılmamış ve sıhhi ve mekanik tesisat sistemleri beton içine gömülmemiştir.

Konum: R128 konutu yeni binaya yer açmak amacıyla yıkılmış olan eski binanın izleri üzerine kurulmuştur. Sahanın eğimi kademeli temel gerektirmiştir. Bodrum kat veya derin kazı gerekmemiştir.

Strüktür: Kütleyi azaltmak ve inşaat ve bağlantıların etkinliğini sağlamak amacıyla çelik çerçeve kullanılmıştır. Cıvatalı çelik çerçeve sökülebilecek şekilde kurulmuştur. Açık çelik çerçeve diyagonal gergi çubuklarıyla üç taraftan kuvvetlendirilmiştir. Kolon ve kirişler kolonlardaki dişli boşlukları kullanan cıvatalarla bağlanmıştır.

Kabuk: Ev küp şeklindedir, bu form hem strüktür ve malzeme verimliliği hem de soğuk Kuzey Avrupa ikliminde enerji etkinliğini maksimumda tutmak açısından seçilmiştir. Kabuk üç katlı cam, hareketli pencereler ve tavanda sulu ısıtma sisteminden oluşmaktadır.

Servisler: Işıklar ve kapılar uzaktan kumanda ve ses kontrollü sistemler tarafından kontrol edilmektedir. Tüm borular ve diğer tesisat yatay veya düşey şase veya kanallara yerleştirilmiştir. Banyo binaya yerleştirilmiş prefabrik modüllerden meydana gelmektedir. Elektrik ve sıhhi tesisat tipik anahtarlar yerine sesle ve hareketle aktive edilmektedir.

Mekan Planı: Çelik çerçeve, bağlantı detaylarına dikkat edilerek binanın iç cephesine bağlanmıştır. Yer döşemesi, çivi veya vida kullanmaksızın kendi ağırlıklarıyla zemindeki strüktürel kirişler arasına yerleştirilmiş paneller serisinden oluşmaktadır. Tavan, klipslenmiş metal panellerden meydana gelmektedir.

3.9.3 DOMİNO 21, Madrid

2002-2004 yıllarında, ETSAM Madrid Mimarlık Teknik Yüksek Okulu'nda Prof. Jose Miguel Reyes öğrencilerle birlikte esnek, ekonomik, hızlı monte edilebilen bir proje üzerinde çalışmıştır. Sistem ETSAM öğrencileri ve İspanyol inşaat firmalarının ortak çalışmaları sonucunda geliştirilmiştir.

Domino 21 hem yatay hem düşey olarak kombine edilebilen küplerden meydana gelen modüler bir bina sistemi olarak tasarlanmıştır. İhtiyaca bağlı olarak zaman içinde genişleyebilecek bir yapıya sahip açık bir sistemdir. Birimler prefabrike olarak üretilmiş, sahaya taşınmıştır. Construtec 2004 fuarında kurulan sistem 15 günde monte edilmiş 7 günde demonte edilmiştir. Bir dairenin maliyeti altyapı, merdivenler, strüktüre katılım payı olan 30.000€ ve her biri 12.000€ olan küp sayısına göre hesaplanmaktadır.



Şekil 3.16 Domino 21 strüktür ve imalat (Montaner vd.,2006).

Konum: Madrid Construtec fuar alanında inşa edilmiştir. Zemine taşıyıcı çelik kolonlarla basmaktadır. Esnek bir yapıya sahiptir.

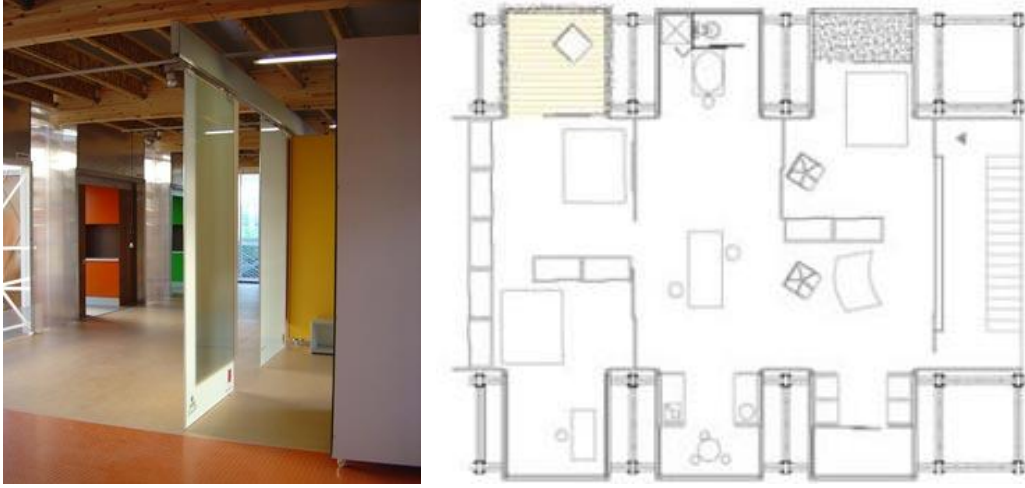
Strüktür: Çelik konstrüksiyon taşıyıcı sisteme bağlanmış küplerden meydana gelmektedir. Kuru bağlantı kullanılmıştır. Ana ünite temel bir çekirdek ihtiva etmekte diğer modül veya kabinler ana ünite etrafında düzenlenmektedir. Her bir ünite ayrı ayrı yalıtımlıdır. Küpler birbirlerine hareketli duvarlar yardımıyla bağlanmaktadır. Domino 21 projesi kullanıcıların gereksinimlerine kolayca adapte olabilecek şekilde açık bir sistem olarak tasarlanmış ve standart bileşenler baz alınarak inşa edilmiştir.

Kabuk: Üç boyutlu bileşenler, kübik kapsüller kabuğu oluşturmaktadır. İnşaat sahasına tamamen donanımlı olarak getirilen küpler vinç yardımıyla yerleştirilmiştir.

Servisler: Çekirdeği içeren ana üniteye tüm servisler mevcuttur.



Şekil 3.17 Şematik kesit (Montaner vd., 2006).



Şekil 3.18 İç mekanda hareketli paneller ve kat planı (Montaner vd., 2006).

Mekan Planı: Program, ortak alanları olan 5 farklı tip konuttan oluşmaktadır: öğrenci evi, sanatçı evi, çocuklu bir çift için dubleks daire, emekli bir çift için bir konut ve bir de ofis daire olarak planlanmıştır. Alt katta sergi salonu, üst katta dinlenme alanı, ortak kullanım alanları olarak belirlenmiştir. İç mekanlarda kayar düşey paneller, şeritler üzerinde dönen dolaplar değişiklik yapmayı kolaylaştırmak üzere kullanılmıştır.

3.9.4 e-BODE, Avustralya

Modabode firması ev konseptine ürün tasarımı olarak yaklaşmıştır. e-BODE prefabrike modüllerden meydana gelmektedir. Modüllerin imalatı fabrikada gerçekleştirilerek maksimum seviyede kalite temin edilmektedir. Fabrika üretimi, hava koşulları, malzemelerin inşaat sahasına sevkiyatında yaşanan gecikmeler gibi olumsuzluklardan etkilenmeden imalat yapılmasına ve üstün kalitede imalata olanak verdiğinden tercih edilmektedir. Konutun imalatı siparişinden 8 hafta sonra tamamlanmakta ve inşaat sahasında montaj, tesisat gibi işlerin yapılmasıyla toplamda 9 hafta içinde teslim edilmektedir. Modüller ayrı ayrı kullanılabileceği gibi birbirleriyle kombine edilerek de daha büyük yapılar elde edilebilmektedir. Tatil evi, ofis, yaşlılar için konut, artist stüdyosu, misafir evi gibi fonksiyonlarda kullanılabilmektedir.



Şekil 3.19 e-BODE [15]

Konum: e-bode prefabrik bir yapı olduğundan inşaat sahasındaki tahribat minimum düzeydedir. Sahada yapılan çalışma temel için ayakların dikilmesi ve servis bağlantılarının yapılmasıyla sınırlıdır. Fabrika imalatı tamamlanan modüller sahaya yassı paketli olarak kamyonla getirilip vinç yardımıyla temel üzerine yerleştirilmektedir. e-bode inşaat sahasında herhangi bir iz bırakmadan kolayca başka bir alana taşınabilmektedir.



Şekil 3.20 e-BODE imalat aşamaları [16]

Strüktür: Hafif çelik çerçeveler zemin şasesine bağlandıktan sonra ahşap döşeme yerleştirilmekte, sonrasında kaplama modülleri monte edilmektedir. Modül ölçüleri 3.6x14.4m ve 50m² dir. Modülü çevreleyen bir veranda vardır. Çatı strüktürü ayrı olarak imal edilip inşaat sahasında birleştirilmektedir.



Şekil 3.21 e-BODE kaplama ve çatı örtüsü [15]

Kabuk: Kabuk tasarıma bağlı olarak yere kadar panjurlu cam, yalıtımlı metal plaka veya alçıpandır. Avustralya'nın yoğun yağmurları, keskin güneşi ve sıcak iklimine çözüm olarak geniş gölgelik ve doğal havalandırma sağlayan eğimli çatı iç mekanda herhangi bir soğutma sistemine gerek kalmadan ısısal konforu sağlamış ve etkinliğini kanıtlamıştır.

Servisler: Mutfak ve banyo modülü içindeki elektrik ve su tesisatı bağlantıları fabrikada yapılmaktadır. Modüller inşaat sahasına ulaştırılıp temel üzerine monte edildikten sonra oluklar, yağmur suyu toplama tankları ve tesisat bağlantıları sahada yapılmaktadır.



Şekil 3.22 e-BODE iç mekan [15]

Mekan Planı: Modüler sistemin esnekliği sayesinde iç mekan isteğe göre düzenlenebilmektedir. Mutfak ve banyo fabrikada monte edilmekte, manzaraya hakim bir salon için yere kadar cam, yatak odası için masif plaka ve panjurlu camlar kullanılmaktadır. Modüller birbirleriyle kombine edilerek daha büyük aileler için konut tasarlanabilmektedir.

3.9.4.1 Sydney Opera Binası Yanında e-BODE

2004 Geleceğin Evleri Sergisi kapsamında Sydney’de yenilikçi, çevreye duyarlı tasarım, malzeme ve inşaat tekniklerini sergileyen altı adet pavilyon kurulmuştur. Çelik Ev olarak da bilinen e-BODE prototipi bu altı pavilyondan biridir.



Şekil 3.23 Vinçle fuar alanına yerleştirilen e-BODE [15]

e-BODE vinç yardımıyla sahaya indirilmiştir. Tek modülden oluşan e-BODE’da çatı evin üzerinde adeta uçmakta, keskin Avustralya güneşinden evi korumaktadır. Konsol yan dekler yer üzerinde adeta yüzmektedir. Kendi kendine yeten geleceğin evinde çatıda güneş panelleri konumlandırılmıştır.

3.9.4.2 Hunter Vadisi’nde prototip e-BODE



Şekil 3.24 Hunter Vadisi’ne taşınarak yeniden kurulan e-BODE [15]

Sidney’deki sergi bitince prototip Hunter vadisine taşınmıştır. Üç ünitelik turist konaklama ve satış merkezi için yeniden düzenlenmiştir. Çevresel değerleri göz önünde tutarak yağmur suyu tanklara toplanmaktadır. Düşük etkili foseptik sistemi kurulmuştur. Alanda yapılan kazıdan çıkarılan topraktan kerpiç tuğla yapılmış ve peyzaj düzenlemede kullanılmıştır. Geniş çatı en sıcak havalarda dahi iç ısının konforlu kalmasını sağlamış ve oldukça etkili bir tasarım unsuru

olduğunu kanıtlamıştır. Panjurlu pencereler görsel ve ısı kontrolü sağlamış, banyo duvarlarında yivli çelik levhalar kullanılmıştır.

3.9.5 Macarthur Bahçeleri Eğitim ve Tanıtım Binası, Sidney, Avustralya

Güney Sidney’de Macarthur Bahçeleri Konut Emlak alanında bulunan bu yapı, eğitim ve sergi amaçlı tasarlanmıştır. Buradaki evlerden satın almak isteyen müşterilere çevresel konuların ve sürdürülebilir bir yaşam tarzı vizyonunun anlatıldığı binanın kendisi de geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmış, yeniden kullanılabilir bir strüktüre sahiptir. Emlak alanında bulunan 900 dairenin tümü satıldığında bileşenlerine ayrılıp farklı bir emlak geliştirme alanında yeniden kurulması planlanmıştır. Prekast beton strüktürün imalatı 17 gün sürmüştür, beton paneller ve çelik çerçeveler üç günde monte edilmiştir.



Şekil 3.25 Macarthur bahçeleri eğitim ve tanıtım binası [17]

Konum: Güney Sidney, Campbelltown’da bulunan yapı 900m² lik bahçe içinde 130m² oturum alanına sahiptir. Yer seviyesinden bir metre yukarıda bulunan yapı 19 adet temel kazığı üzerine oturtulmuştur. Yere hafifçe dokunan bu yapı işlevini tamamlayıp farklı bir yere taşındığında inşaat alanı doğal haline geri dönecektir.



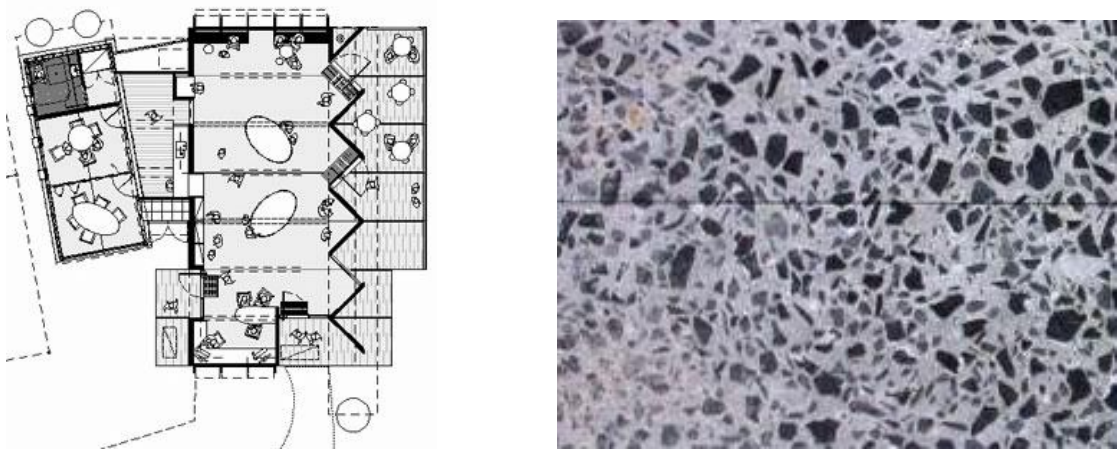
Şekil 3.26 Prekast beton strüktür [17] ve prekast tavan elemanı detayı [18]

Strüktür: Prekast beton imalat hızı, montaj kolaylığı ve ekonomik avantajı bakımından seçilmiştir. Zemin ve tavan elemanı olarak U şekilli strüktürel kesit seçilmiştir. Paneller nakliye ve inşa etme verimliliği düşünülerek ölçülendirilmişlerdir. İki panel aynı anda taşınabilmelidir. Sonuçta 40x214cmlik beton kirişleri ve 6m açıklık ile 4m konsolu taşımak üzere 215cmlik strüktürel gride oturtulmuştur. Her bir panelin ağırlığı 10 ton ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 3.27 Cephe görüşleri [18]

Kabuk: Yan cephelerin birinde geri dönüştürülmüş kontrplak, diğerinde çapraz olarak düzenlenmiş prekast beton bloklar kullanılmıştır. Çatı ve zemin plakları su yalıtımı katkılı olarak imal edilmişlerdir. Ayrıca çatı drenajında yüksek yoğunluklu köpük kullanılmıştır. Hem çatı hem de zemin kirişleri dışarıdan ısı yalıtımı için dış tarafından katı köpükle yalıtılmıştır.



Şekil 3.28 Plan[19] ve zemindeki dekoratif bitiş [18]

Servisler: Tavandaki kanallara aydınlatma elemanları yerleştirilmiştir. Prekast gölgelik boyunca uzanan kanal sistemine hem içerden hem dışarıdan ulaşılabilmekte böylece tesisat sisteminde esneklik sağlanmaktadır. Mümkün olan yerlerde duvar kenetleri kapı ve duvar boşluklarına yerleştirilmiş ve gizlenmiştir. Panel bağlantıları ulaşılabilirlik açısından uygun olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.29 İç mekan görünüşleri [18]

Mekan Planı: Beton zemin panellerinin döküm işlemi ters olarak yapılmış böylece panellerin yüzeyinde dekoratif bir bitiş sağlanmıştır. Sergileme amaçlı bir duvar diyagonal panellerle oluşturulmuştur. Modüler panelleri sayesinde yapı istenilen yönde büyütülüp küçültülebilmeye olanak sağlamaktadır.

Demontaja uygun tasarlanmış olan bu prefabrik yapı, kendi içinde esnek bir tasarıma sahip olmasının yanı sıra mevcut binalara ek yapı olarak da yüksek potansiyele sahiptir.

3.9.6 Loblolly Evi, Taylor Adaları, Maryland, ABD

Stephan Kieran ve James Timberlake “Mimariyi Yeniden İcat Etmek” adlı kitaplarında mimarı, inşaat ve tasarımı yöneten bir usta olarak tanımlamışlardır. Kieran ve Timberlake (2003) 2003 tarihli kitaplarında inceledikleri bina tedarik zincirleri ve prefabrikasyon süreçleri ile ilgili teorilerini 2006 yılında Loblolly Evi’nde hayata geçirme fırsatı bulmuşlardır. Chesapeake Körfezi kıyısında bulunan Loblolly Evi, modüler ve önyapımlı ev konseptine yenilikçi bir yaklaşım getirmiştir. Bu yaklaşım sadece inşaat sahasında hızlı birleştirme değil, ilerde de hızlı bir şekilde tamamen sökülebilecek, farklı bir yerde aynı binanın yeniden kurulması veya yeni bir binada parçaların tekrar kullanılmasını sağlayacak bir sistem oluşturma fikrine dayanmaktadır.

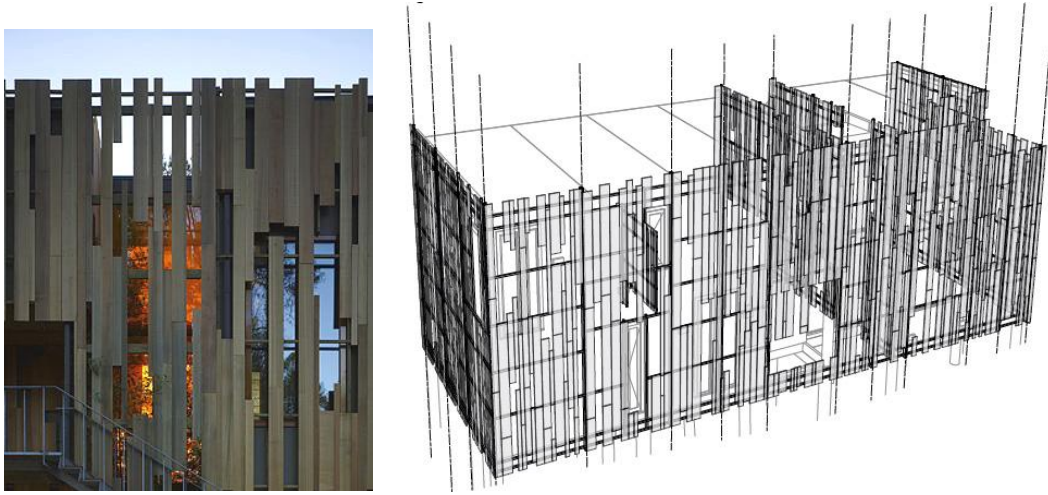


Şekil 3.30 Loblolly Evi (Kieran ve Timberlake, 2008)

Konum: Taylor Adaları, Maryland’da bulunan yapı zeminin fazla yumuşak olması ve ekstra stabilizasyona ihtiyaç duyması nedeniyle ahşap kazık temeller üzerine inşa edilmiştir. Böylece yapı zemine en az miktarda dokunmaktadır. Sık loblolly çamları arasında bulunan, tek aile için tasarlanmış bu konutun mimarisi çevresindeki deniz, gökyüzü, ağaçlar, doğu güneşi gibi doğal elemanlardan etkilenmiştir.

Strüktür: Bina ahşap kazık temeller üzerine oturmaktadır. Fabrika ve geçici yapılarda kullanılan çekme alüminyum çerçeve sistemi kullanılmıştır. Bu çerçeve mimari kullanım için yeterli olmadığından KTA üç katlı bir evin gereksinimi olan stabiliteyi sağlamak için beş yeni

bağlantı parçası geliştirmiştir. Bu bağlantılar sayesinde strüktürel çerçeve, kartuşlar ve bloklar yalnızca bir İngiliz anahtarı ile birleştirilebilmiştir.



Şekil 3.31 Ahşap giydirme cephe detayı [20]ve 3 boyutlu görüntüsü [21]

Kabuk: Binanın deniz tarafındaki doğu cephesi, ayarlanabilir çift katmanlı camlardan oluşmaktadır: iç, akordeon stilinde katlanan cam kapılar ve dış, polikarbonat kaplı hangar tipi kapılar hem ayarlanabilir bir tente görevi görmekte hem de hava koşullarından koruma sağlamaktadır. Ahşap giydirme cephe ise binanın üç cephesinde kullanılmıştır. Yapının çevresiyle uyumlu olmasını amaçlayan mimarlar, alanın bir fotoğrafı üzerinden dolu boş oranlarını belirlemiş ve sedir panelleri bu oranlara göre yerleştirmişlerdir. Bu panellerin altında strüktürel çerçeve, dış duvar panelleri, yalıtım ve iç paneller bulunmaktadır.



Şekil 3.32. Katlanarak güneşlik olan doğu duvarı ve şematik kesitleri [21]

Servisler: Akıllı kartuşlar olarak adlandırılmış zemin ve tavan panelleri evin ısıtma, sıcak ve soğuk su, atık su, havalandırma ve elektrik tesisatının dağıtımını sağlamaktadırlar. Fabrikada üretilmiş banyo ve mekanik oda modülleri vinç yardımıyla yerlerine yerleştirilmiştir.

Mekan Planı: Yer döşemesi ve tavan kaplaması akıllı kartuşlar olarak adlandırılan servisleri içeren plakalardan meydana gelmiştir.



Şekil 3.33 İç mekan ve zemin bitiş detayı [22]

3.9.7 Örnek Projelerin Karşılaştırılması

Bu bölümde tezde sunulan demontaja uygun tasarlanmış projelerin künye bilgilerine yer verilmiş, Brand'in 6S teorisi temel alınarak, projelerin konum, strüktür, kabuk, servisler ve mekan planı açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Örnek projeler ayrıca demontaja uygunluk, kullanılan malzeme tipleri, bileşenler, montaj ve demontaj süresi, montaj tipi, atık oluşturma ve çevreye uyum ve YBS kullanımı açılarından da kıyaslanmışlardır. Bu sayede demontaja uygun tasarlanmış projelerin ortak özellikleri tespit edilmiştir.

Loblolly Evi bu projeler içinde YBS kullanımı, bütünleşik tasarım, disiplinlerarası koordinasyon, tasarım, imalat, montaj, tedarik süreçlerinin kontrolü açısından diğer projelerden ayrılmaktadır.

Çizelge 3.4 Örnek projelerin karşılaştırılması

	Künye Bilgileri				Zamana Bağlı Katmalar Teorisi Açısından İnceleme					Demontaja Uygun Tasarım İlkeleri Açısından İnceleme								
	Yeri	Yapım Yılı	Tasarım		Konum	Strüktür	Kabuk	Servisler	Mekan Planı	Demontaja Uygunluk	Kullanılan malzeme tipleri	Bileşenleri	Montaj Süresi	Demontaj Süresi	Montaj Tipi	Atık oluşturma	Çevreye Uyum	YBS Kullanımı
Marie Short Konutu	Avustralya	1975-1981	Glenn Murcutt		Ayaklar üzerine alınmış bina, yükseltilmiş döşeme	Çelik kolon kiriş sistemi, diyagonal gergi, tek katlı	Dolgu paneller, ayarlanabilir panjurlar ve hareketli bölmeler	Pasif havalandırma, güneş enerjisi, servisler çekirdekte toplanmıştır.	Minimalist yaklaşım, doğal ışık ve havalandırma, açık plan	Demontaja veya genişlemeye uygun	Çelik, işlenmemiş ahşap, cam	Yerel malzemeler kullanılmıştır. Ahşap, çelik	Belirtilememiş	Belirtilememiş	Cıvata benzeri kuru bağlantı	Bina sökülürken neredeyse 0 atık ortaya çıkmıştır.	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönecektir.	Kullanılmamıştır.
R128 Konutu	Almanya	2000	Werner Sobek		Eski binanın izleri üzerine inşa edilmiştir.	Çelik konstrüksiyon, modüler sistem,diyagonal gergiler, 4 katlı	3 katlı giydirme cam cephe, hareketli pencereler	Pasif güneş enerjisi sistemleri ile bina tüm enerjisini kendi üretmektedir. Tüm donanım bilgisayar kontrollüdür. Tesisat yatay ve düşey kanallara yerleştirilmiştir.	Açık plan, banyo haricinde kapalı alan yok	Tamamen sökülüp farklı bir yerde kurulabilir veya malzeme-bileşenleri yeniden kullanılabilir.	Çelik, cam	Belirtilememiş	Belirtilememiş	Belirtilememiş	Kuru bağlantı, tüm elemanlar sökülebilir.	Üçlü Sıfır Yaklaşımı: Sıfır enerji, sıfır emisyon, sıfır atık binası	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönecektir.	Kullanılmamıştır.
Domino 21	İspanya	2004	Prof. Jose Miguel Reyes		Taşıyıcı çelik kolonlar	Çelik konstrüksiyon taşıyıcı sisteme bağlanmış küp modüller	Tam donanımlı kübik kapsüller	Çekirdeği içeren ana üniteye tüm servisler mevcuttur.	Esnek modüler sistem	Demontaja ve genişlemeye uygun	Çelik , cam, ahşap	Çelik strüktür,çelik çerçeveli küpler	15 gün	7 gün	Çelik strüktür üzerine vinç yardımıyla küpler yerleştiriliyor	Yeniden kullanıma uygun malzeme	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönmüştür.	Kullanılmamıştır.
e-BODE	Avustralya	2004 -2007	Modabode		Ayaklar üzerine alınmış yapı	Çelik çerçeve, çelik zemin şasesi	Panjurlu cam, yalıtımlı metal plaka, eğimli çatı.	Mutfak ve banyo modülleri tesisatı fabrikada yapılmakta	Esnek modüler sistem	Bütün olarak taşınabilir veya bileşenleri yeniden kullanılabilir.	Çelik, cam, alüminyum plakalar, ahşap	Çelik çerçeve, ahşap dek, duvar panelleri, panjurlu pencereler, fabrika imalatı banyo ve mutfak modülleri.	1 hafta	Belirtilememiş	Vinç yardımıyla bütün olarak sahaya yerleştiriliyor.	Yeniden kullanıma uygun malzeme	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönecektir.	Kullanılmamıştır.
Macarthur Bahçeleri Eğitim ve Tanıtım Binası	Avustralya	2005	Supple Design		19 adet kazık temel üzerinde 1m yükseltilmiş yapı	Prekast beton strüktür	Geridönüştürülmüş kontrplak kaplama, hazır beton duvar,zemin ve çatı panelleri	Hem içerden hem dışardan ulaşılabilen kanal sistemi, gizli duvar kenetleri, ulaşılabilir panel bağlantıları	Modüler paneller sayesinde büyütülüp küçültülme olanağı	Farklı bir alanda yeniden yeniden kurulmak üzere tasarlanmış	Geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmış, prekast beton, ahşap, cam	Temel kazıkları, prekast strüktür, prekast duvar panelleri, U şekilli prekast zemin ve çatı panelleri,	20 gün	Belirtilememiş	Kuru bağlantı	Tüm bileşenler yeniden kullanılmak üzere taşınacaktır. Atık oluşturmayacaktır.	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönecektir.	Kullanılmamıştır.
Lobilily Evi	ABD	2006	Kieran & Timberlake		Ahşap kazık temeller üzerinde, yerden yükseltilmiş yapı	Alüminyum çerçeve sistemi, diyagonal gergiler, 3katlı	Çift katmanlı camlar, ahşap giydirme cephe, polikarboat kaplı hangar tipi kapılar	Akıllı kartuşlar: servisleri içeren zemin ve duvar panelleri, fabrikada üretilmiş banyo ve mekanik oda modülleri	Akıllı kartuşlar	Tamamen sökülüp farklı bir yerde kurulabilir veya malzeme-bileşenleri yeniden kullanılabilir.	Alüminyum, ahşap, cam,kontrplak	Yeşil çatı,sedir panel cephe, prefabrik banyo, mutfak modülleri, prefabrik zemin sistemi, strüktürel kazık temeller, çift katlı doğu duvarı, strüktürel alüminyum çerçeve	6 hafta	Belirtilememiş	Modüller vinç yardımıyla, çerçeve sistemi ingiliz anahtarı ile manuel olarak, kuru bağlantı	0 atık oluşturacak şekilde tasarlanmıştır.	Bina söküldüğünde inşaat sahası doğal haline geri dönecektir.	Kullanılmıştır.

3.10 Bilgisayar Teknolojilerinin DUT'a etkisi

Bu bölümde DUT ile ilgili teknolojik gelişmeler ve bunların DUT'a etkisi araştırılmıştır. Yapı Bilgi Sistemi (YBS), Radyo Frenkansı ile Tanımlama (RFT) ve Bina Yaşam Sonu Karar Destek Sistemi (BELCANTO) çalışmaları sunulmuştur.

3.10.1 Yapı Bilgi Sistemi - YBS

Uysal'a (2011) göre bir bilgi modeli, belirli bir söylem alanının veri semantiğini tanımlamakta kullanılan kavramların, ilişkilerin, kısıtların, kuralların ve işlemlerin bir temsilidir. Bilgi modelleri sayesinde bir bilgi alanına özgü veriyi yapılandırılmış olarak saklamak ve paylaşmak mümkündür.

Yapı Bilgi Sistemi ise bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca türetilen bilgilerin sistematik şekilde bir arada tutulduğu bütünleşik bir süreçtir. Yapının ortaya çıkmasında rol alan tüm aktörlerin eş zamanlı ve koordineli olarak çalışmasına imkan veren, tasarım ve belgelemeye dayalı bir metodolojidir. [23]

Temel özellikleri:

- Yapıyı tanımlayan tüm verilerin bir arada tutulduğu dijital bir veri tabanı ile çalışması
- Yapılan revizyonların veritabanında işlenerek diğer tüm belgelere otomatik olarak yansıtılması
- Tasarım süreci boyunca tüm verilerin toplanması böylece ileriye yönelik bir bilgi deposu oluşturulması

Geleneksel çizim ve CAD yazılımları bir tasarımı geometrik şekiller olarak resmetmektedir. Bunlar aynı yapıyı tanımladıkları halde birbirlerinden bağımsız olarak çizilmiş planlar, kesitler, cepheler, detaylar, metraj listeleridir. Yapılan her revizyonda birbirinden bağımsız tüm bu çizimlerin yeniden ele alınması gereklidir. Hataların oluşması ve zaman kaybı bu tasarım sürecinin en önemli olumsuzluklarındandır.

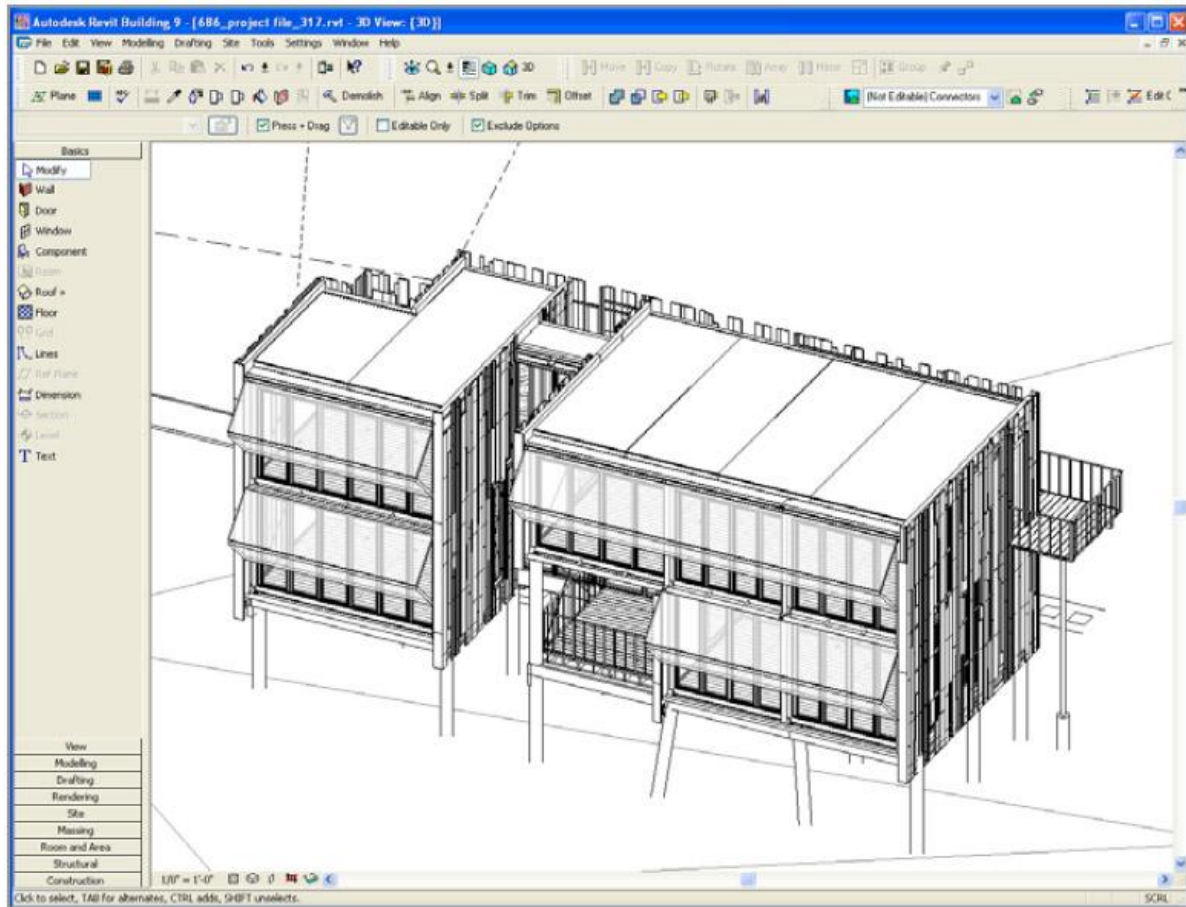
YBS ise tasarımı, duvarlar, kolonlar iş programları, plan görünüşleri gibi akıllı objeler ve elemanlar olarak tanımlamaktadır. Bu parametrik eleman ve objelerle ilgili bilgiler tek bir modelde saklanmaktadır. İstenilen miktarda görünüş, plan, malzeme listeleri, iş programı, maliyet hesapları gibi bilgiler bu modelden türetilmektedir.

YBS mimar, mühendis, imalatçı gibi yapı üzerinde çalışan tüm profesyonellerin eş zamanlı çalışmasına imkan tanıdığından disiplinler arası koordinasyon eksikliğinin yol açtığı hataların önlenmesine yardımcı olmakta ve verimliliği arttırmaktadır.

3.10.2 YBS'nin Loblolly Evi'nin Tasarım ve Uygulama Süreçlerine Etkisi

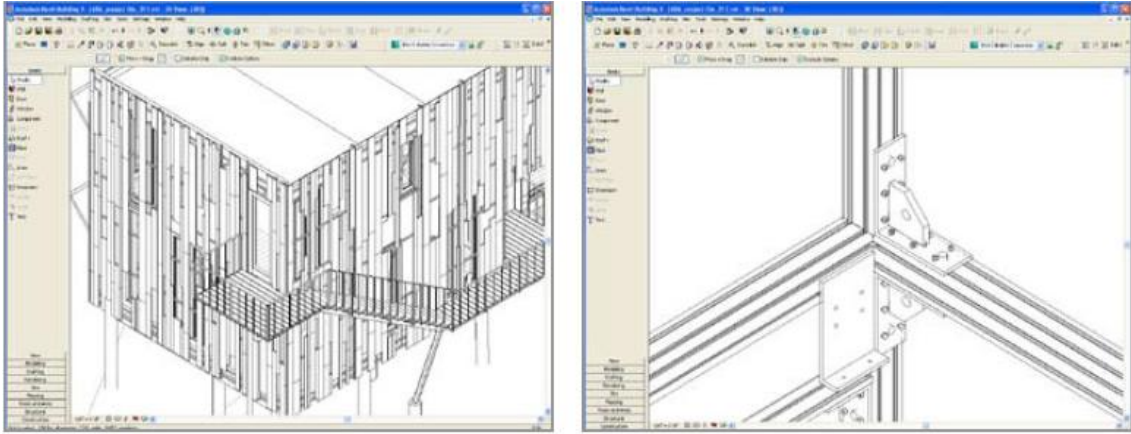
Loblolly Evi, 2007 YBS Ödüllerinde (BIM Awards 2007) “YBS Kullanarak Üstün Bir Mimari Yaratmak” ve “YBS Kullanarak İmalata Uygun Üstün Tasarım” dallarında birincilik ödülü almış bir yapıdır. Mimarlar bu yapılarında yeni bir ev mimarisi değil yeni bir imalat süreci peşinde olduklarını belirtmişlerdir.

YBS, Loblolly Evi'nin tasarımı, geliştirilmesi, imalatı ve birleştirilmesi için bir araç olarak kullanılmıştır. Binanın her bir bileşeni bilgisayar ortamında birebir olarak modellenmiş malzeme ve bitişler hassas olarak tanımlanmıştır. İmalat aşamasına gelindiğinde malzemenin yapısına ait kısıtlamalar yeni parametreler olarak YBS'ye girilmiş, model buna göre yeniden düzenlenmiştir. YBS'den elde edilen bilgiler ek detay çizimleri yapılmadan direkt olarak imalata gönderilmiştir.



Şekil 3.34 Loblolly Evi'nin YBS'de modellenmiş 3boyutlu görüntüsü [21]

Parametrik model sayesinde evi oluşturan parçalar kesin bir hassasiyetle üretilmiş, birkaç mmlik toleransla birleştirilmişlerdir. YBS üç boyutlu tasarlama avantajına ek olarak, daha etkin strüktürel ve mekanik koordinasyon, daha iyi tedarik yönetimi, montaj aşamalarına daha açık bir yaklaşım ve imalatın daha iyi kontrolü ile inşaat ve montaj toleransının azaltılmasını sağlamıştır.



Şekil 3.35 Dış merdiven ile alüminyum iskelet sisteminden bir bağlantı detayı [21]

Modelin sanal olarak inşa edilmesi sayesinde, bina sahada monte edilmeden önce gereken düzeltmeler yapılmış, gecikmeler, kaynakların boşa harcanması ve maliyetin artmasına neden olabilecek sorunlar önceden tespit edilmiştir. Sanal model, tüm detayların, iş programının, parça listelerinin ve imalat çizimlerinin tek kaynağı olmuş ve imalatçılar ile mühendislerin eş zamanlı çalışmalarına imkan sağlamıştır.

Strüktürel alüminyum çerçeve bileşenine, üretici ve dağıtıcı bilgisi, model adı, profil ölçüleri, uzunluğu, maliyeti gibi bilgiler yüklenmiştir. Tüm bileşenler öncelikle sanal model üzerinde birleştirildiğinden, proje ekibi ölçüleri ve miktarları tam olarak listeleyebilmekte, modelden türetilen bir e-posta ile sipariş verebilmektedir. Model geliştirildikçe ve bileşen sayısı arttıkça montaj ve sıralamanın zorluğu daha açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.

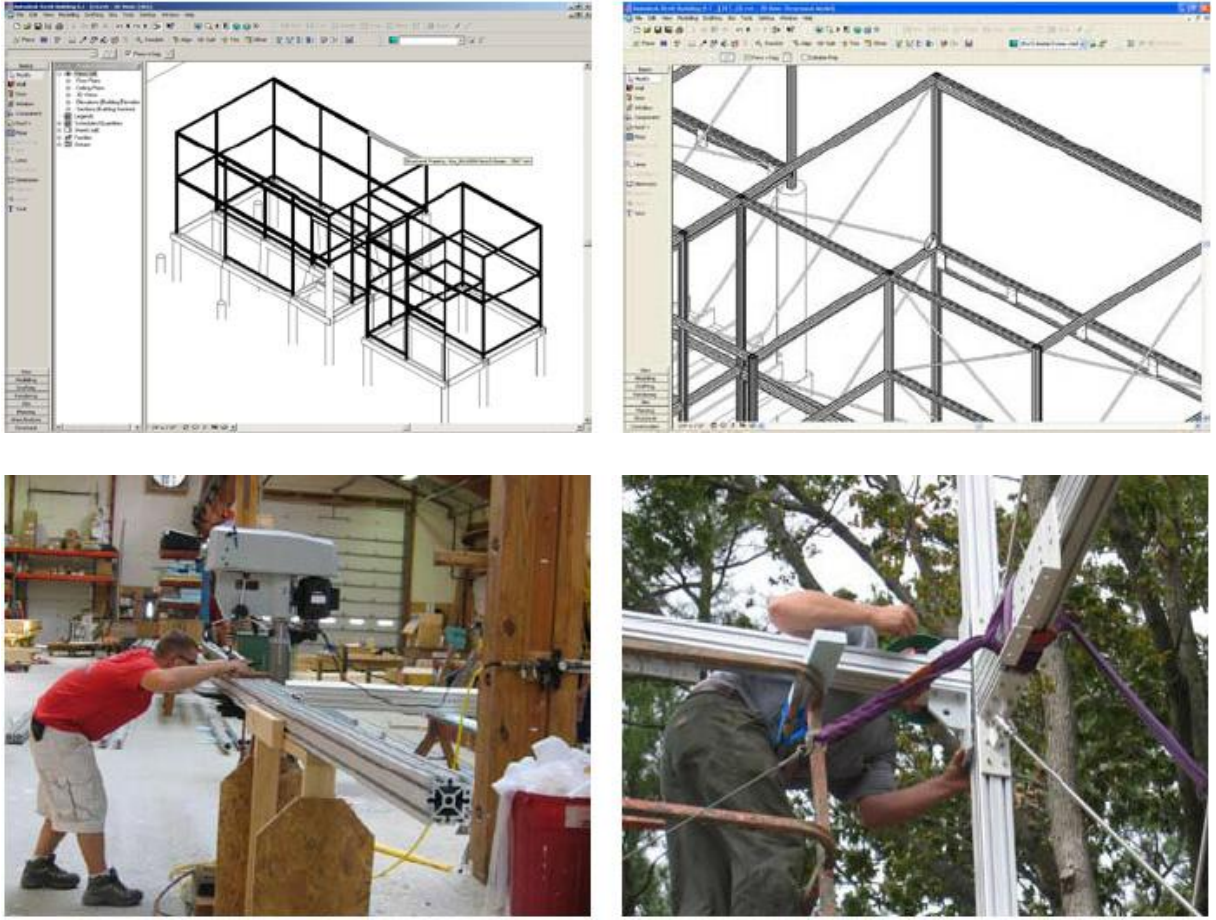


Şekil 3.37 Loblolly Evi, montaj – demontaj aşamaları şeması [21]

YBS modeli şekil 3.37’de görülen bir montaj ve demontaj sırası geliştirmek üzere de kullanılmıştır. Binanın toplamda 19 aşamada monte edilmesi planlanmıştır. Montaj aşaması tersine çevrilerek bina demonte edilecektir. Montaj-demontaj sırası açık bir şekilde tanımlanmış, boşa harcanan zaman azaltılmış ve olası problemlere meydan verilmemiştir. Ev altı haftadan kısa bir süre içinde tümüyle monte edilmiştir.

Elemental mimari fikri, montaj metoduna dayanmaktadır. Ev tümüyle inşaat sahası dışında imal edilmiş elemanlardan ve hazır bileşenlerden meydana gelmiştir. Konsept ve detaylandırma dört yeni mimari eleman ile kurulmuştur: iskelet, kartuş, kutular ve ekipman.

İskelet: Alüminyum elemanlardan meydana gelen strüktürel çerçevedir. Fabrikada üretilmiş olan her bir bileşenin barkodu olması sayesinde montaj sahasında herhangi bir karışıklık yaşanmadan tam bir kesinlikle çerçeve kurulmuştur. Alüminyum iskelet sistemi hem strüktürel bir çerçeve hem de kartuşlar, bloklar ve ekipmanların yalnızca bir İngiliz anahtarıyla üzerine bağlandığı birleştirici bir eleman olarak tanımlanmıştır.



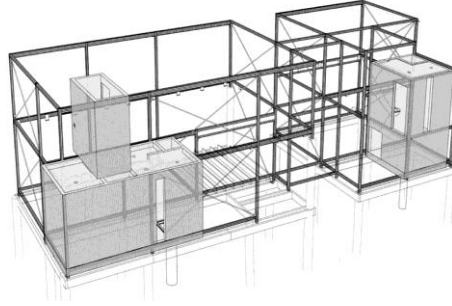
Şekil 3.38 Strüktürü oluşturan alüminyum çerçevenin tasarım, imalat ve montaj aşamaları [21]

Kartuşlar: Akıllı kartuşlar olarak adlandırılmış olan zemin ve tavan panelleri radyan ısıtma, yalıtımlı mikro kanallar, havalandırma, elektrik, aydınlatma ve veri için tesisatı içinde barındırmaktadır. 30.5cm derinlikte olan paneller alüminyum iskelet üzerine yerleştirilmiş ve birbirlerine bağlanmışlardır.



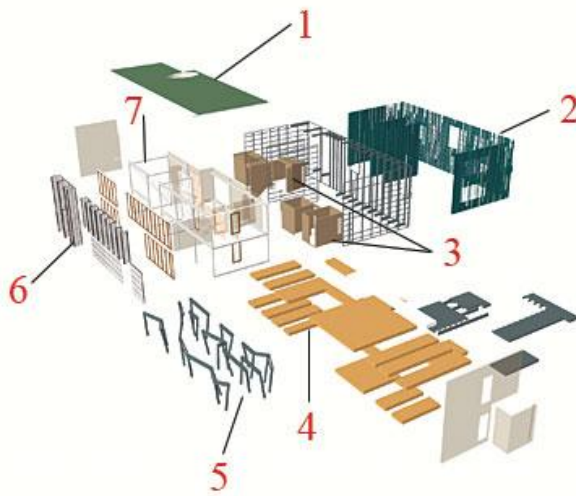
Şekil 3.39 Panel ve kutu bileşenlerinin imalatı [21]

Kutular: Bu elemanlar en karmaşık olanlarıdır. Tümüyle fabrika üretimi olan bu kutular, mutfak kutusu, banyo ve tuvalet kutusu ile kitaplıktan meydana gelmektedir. Tüm bu kutularda zemin, duvarlar, tavan, pencere, çatı, bitişler armatürler, drenaj sistemi, elektrik ve aydınlatma fabrikada üretilmiş ve bağlantıları yapılmış, kutular sahaya tam donanımlı olarak getirilmiş ve vinç yardımıyla yerlerine konmuştur. İnşaat sahasında yalnızca tesisat montajı yapılmıştır.



Şekil 3.40 Kutular [21]

KTA, Loblolly Evi'nde bileşen sayısını en aza indirmiştir. Bina, yeşil çatı, sedir panel cephe, önyapımlı banyo ve mutfak modülleri, önyapımlı zemin sistemi, strüktürel kazık temeller, çift katlı doğu duvarı ve strüktürel alüminyum çerçeve olmak üzere yedi bileşenden meydana gelmektedir. YBS ile daha önceki imalat şekilleriyle ulaşılması mümkün olmayan kesinlikte ölçüler sayesinde direkt olarak bilgisayardan imalata geçilebilmiştir. Binanın tüm bileşenleri iki kamyonu sığacak şekilde düzenlenmiş, montaj ve demontaj aşamaları adım adım belirlenmiş, neredeyse sıfır atık oluşacak şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır.



- 1-Yeşil Çatı
- 2-Sedir Panel Cephe
- 3-Ön yapımlı banyo ve mutfak modülleri
- 4-Önyapımlı zemin sistemi
- 5-Strüktürel kazık temeller,
- 6- Çift katlı doğu duvarı
- 7-Strüktürel alüminyum çerçeve

Şekil 3.41 Loblolly Evi'nin bileşenleri [24]

3.10.3 DUT'ta Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFT) Teknolojisi Kullanımı

Demontaja Uygun Tasarlanmış bir bina yaşam döngüsü süresince çeşitli değişikliklere uğramakta, bileşenleri demonte edilerek yeniden döngüye katılmaktadır. Gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde bina bileşenlerine veri yüklenmesi ve bunların okunması mümkün olmuştur. Yapı Bilgi Sistemi (YBS) ve Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFT) teknolojilerinin birlikte kullanılması, binaların inşaat, adaptasyon ve demontaj süreçlerinde avantajlar sağlamaktadır.

Bina bileşenlerinin kolaylıkla okunabilir şekilde etiketlenmesi DUT tekniklerinin verimli olarak uygulanabilmesine katkıda bulunmaktadır. YBS'nde bina bileşenleri sanal olarak tanımlanmaktadır. RFT teknolojisi ile otomatik veri alışverişi sağlanmakta, sanal model ile bina arasında gerçek zamanlı ilişki kurulmaktadır.

Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFT) teknolojisi, güncel bilgi teknolojileri ve Otomatik Tanımlama ve Veri Yakalama Endüstrileri içinde en hızlı gelişen bölümdür. Otomatik tanımlama, bina bileşeni gibi bir nesnenin etiket, künye veya bir kodlama cihazı ile işaretlenmiş olması ve bunun otomatik olarak taranarak okunabilmesidir. Etiket veya künye üzerindeki bilgi, tarayıcı ya da frekans sorgulayıcı gibi uygun bir okuyucu tarafından okunmakta, etikete gömülü olan bilgi tanımlanmakta ve bilgisayarlar, el bilgisayarları veya veritabanları gibi bir dış kaynağa aktarılmaktadır. Böylece son kullanıcı istediği zaman istediği bilgiye ulaşabilmektedir. Diğer otomatik tanımlama teknolojileri barkot, optik karakter tanımlama, kızılötesi, akıllı kartlar ve ses veri girişi olarak sıralanabilir.

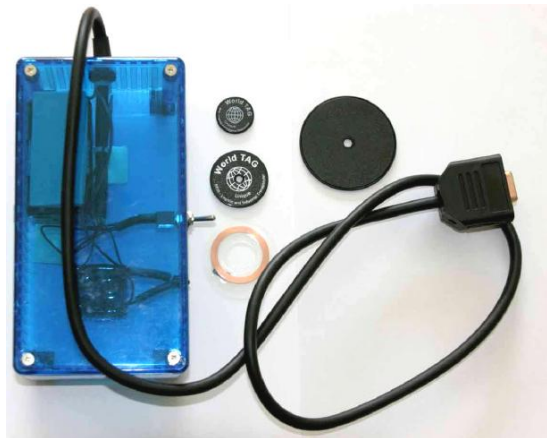
RFT daha geleneksel olan barkot teknolojisinin yerini almış olan gelişen bir bilgi işleme teknolojisidir. Okuma mesafesi ve okuma oranının fazla olması ile serbest el (handsfree) uygulamalarının geliştirilmesine olanak tanınması barkot teknolojisine üstünlükleridir. RFT için sürekli geliştirilen donanım ve yazılımlar diğer otomatik tanımlama teknolojilerine göre daha sağlam ve çok amaçlı olarak kabul edilmektedir. Eskiye kıyasla daha küçük, daha gelişmiş ve daha kolay erişilebilir olan silikon bileşenler ve mikroçiplerdeki gelişmeler bu teknolojiye olan ilgiyi arttırmaktadır.

Çizelge 3.5 Barkot ile RFT Teknolojilerinin karşılaştırılması (Paterson vd., 2007).

Barkot teknolojisinin yetersizlikleri	RFT ile geliştirilmiş çözümler
Görüş hattına bağlı teknoloji	Değişik açılardan ve farklı malzemelerin içinden tarama ve okumaya imkan sağlayan bir teknolojidir.
Ağır koşullara (korozyon, toz) dayanması mümkün değil. Temizlenmesi ve deforme olmaması gerekli	Her türlü zor koşulda işleyebilir.
Geliştirilme potansiyeli olmayan teknoloji.	Yeni çip ve paketleme tekniklerine bağlı teknolojik gelişim.
Nesneleri tekil objeler olarak değil genel özellikleri ile tanımlar.	EPC kodları tekil objeleri 2^{96} parçaya kadar tanımlayabilir
Emek yoğun, yavaş ve zayıf izleme teknolojisi	Tedarik zinciri içerisinde hareket eden parçaları gerçek zamanlı olarak izleme potansiyeli.

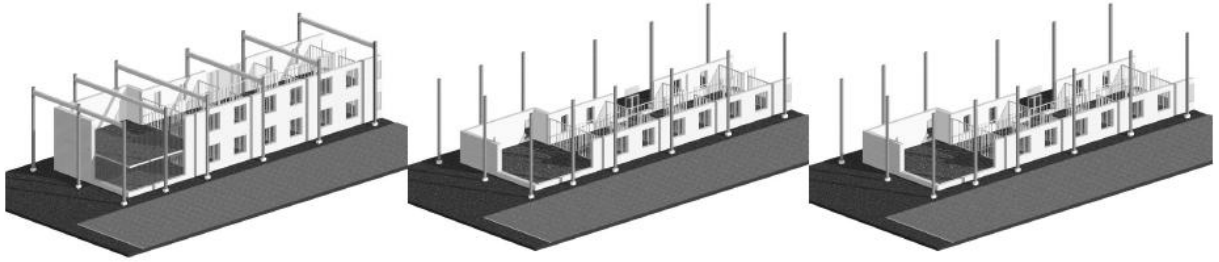
RFT sistemleri bir mikroçipe bağlı bir anten veya sifre çözücünün bir kaynaktan radyo dalgalarını algılaması veya yaymasını içermektedir. Her etiket iki parçadan oluşmaktadır: entegre devre ve anten. Entegre devre içindeki mikro işlemci içerdiği tüm veriyi işlemekten sorumludur. Anten ise okuyucu ile etiket arasında iletişimi kurmaktadır. Okuma mesafesinin anten uzunluğuna bağlı olduğu tespit edilmiştir; ntenin boyunun uzatılması okuma mesafesinin artmasını sağlamaktadır. Okuyucu radyo dalgaları yayınlamakta, etiket de karşılığında içerdiği verileri sinyal olarak geri göndermektedir. Bu veriler son kullanıcı tarafından istenen formata çevrilebilmekte, gereken uygulamada kullanılabilir.

Radyo frekans etiketleri, küçük dairesel disklerden manyetik kartlara, cam tüplerden bileşene bağlanmış vidalara kadar çeşitli şekil ve yapılarda üretilebilmektedir. Uygulamaya özel şekil ve ölçüler son kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir.



Şekil 3.42 RFT etiketleri içeren bir donanım örneği (Paterson vd., 2007).

Şekil 3.42’de bina bileşenlerine eklenebilecek etiketler ve bileşenlere gömülü etiketler ile bilgisayar modelleri ve diğer veritabanları arasında bağlantı kuracak olan el okuyucusu gösterilmektedir. Taşınabilir tarayıcılar sahada görev yapan operatörlere esneklik sunmakta, veritabanını içeren bir işlemciye kablosuz veya kablo ile bağlanabilmektedir. Böylece depolanan veriler sınıflandırılmakta ve analiz edilebilmektedir. Bu bilgiler dijital formata çevrilerek izlenebilmekte, dizüstü veya masaüstü bilgisayara transfer edilerek iş tablosu veya bilgisayar modeline dönüştürülebilmektedir.



Şekil 3.43 Demontaj sahasından gerçek zamanlı olarak gönderilen verilerin işlenmesiyle otomatik olarak oluşturulmuş YBS modeli (Paterson vd., 2007).

Şekil 3.43’de demontaj sürecinin aşamaları YBS modelinde gösterilmektedir. Mevcut binada bulunan etiketlenmiş bileşenlerin kablosuz okuyucu tarafından okunarak YBS’ye gönderilmesi sonucunda veriler işlenmiş ve demontaj aşamalarının YBS modelinde izlenmesi mümkün kılınmıştır.

DUT, binaların yaşam döngüsü boyunca geçirdikleri değişiklikleri kolaylaştırmaya uygun tasarım stratejileri ve uygulamaları geliştirmeye yönelik bir metottur. DUT tekniklerinin geliştirilmesi için tasarımcıların bina bileşenlerinin gelecekteki yeniden kullanımları, geri dönüşümleri veya bertarafı ile ilgili sorumluluk almaları sağlanmalıdır. Bina bileşenlerine ilgili verilerin yüklenmesi ve bunların kolayca okunabilmesinin sağlanması enerji kullanımı ve çevresel risklerin azaltılması, fonksiyonelliğin artırılması vasıtasıyla sürdürülebilir gelişime katkıda bulunacaktır.

3.10.4 Bina Yaşam Sonu Analizi Aracı - BELCANTO (Building End of Life ANalyze Tool)

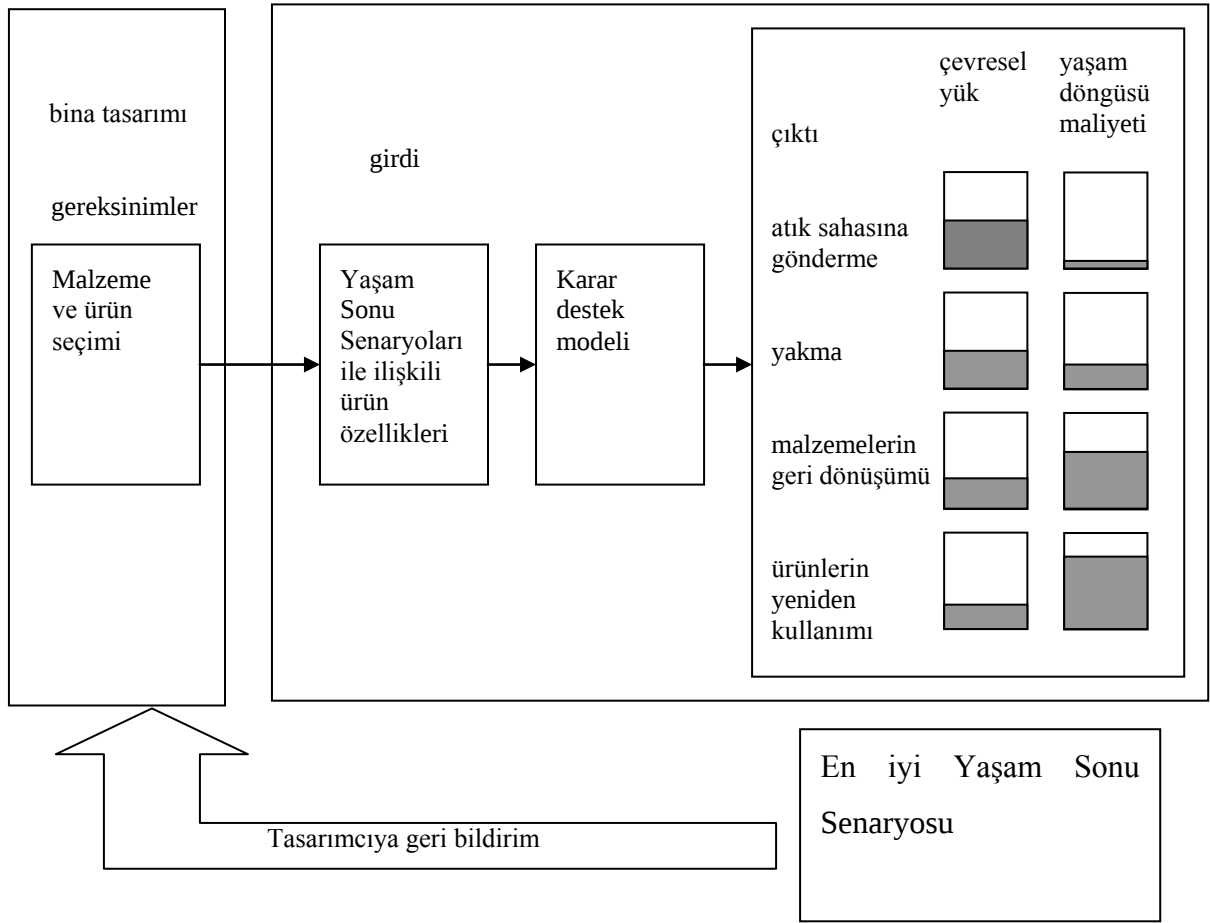
Binaların yeniden kullanımı oldukça karmaşık bir konudur. Çeşitli problemler ortaya çıkabilir: Demontaj sırasında bileşenlerin zarar görmesi, tüm bileşenlerin onarılamaması, kısa

bir yaşam süresi kalması, yeni bir binada kullanılmaya uygun kalitede olmaması vb. Bu problemlerin tümü çözülebilse ve yeni bir bina yapmaya kıyasla daha az yaşam döngüsü maliyeti olsa da, ekonomik açıdan ilginç olmayabilir. BELCANTO, çevresel yarar ile yaşam sonu maliyetleri arasında denge oluşturmayı amaçlayan bir karar destek sistemi olarak geliştirilmiştir. (Guequierre, 2000)

BELCANTO mimarlar, emlak geliştiricileri veya araştırmacılar için bir binanın yaşam ömrü sonunda malzemelerinin yeniden kullanımı, geri dönüşümü, bertaraf edilmesi veya yakılması gibi yaşam sonu senaryolarından birini seçilmesine yönelik bir araçtır. Bir karar destek sistemi olan BELCANTO, en düşük çevresel yüke neden olacak seçimin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Karar verenlerin ekonomik yönleri de değerlendirebilmesi amacıyla, program çeşitli yaşam sonu senaryolarının yaşam döngüsü maliyetlerini de hesaplamaktadır. Demontaj kolaylığı gibi bazı niteliksel yaklaşımlar da sonuca eklenmektedir. (Dorsthurst, 2001)

Bir binanın yaşam sonu, onun yaşam döngüsünün son aşamasıdır. Bu son aşama şu kategorilere ayrılabilir: yıkım/demontaj; nakliye; sınıflandırma; temizlik; onarım; ürün ve malzemelerin depolanması; bertaraf, yakma, malzeme geri dönüşümü ve ürün yeniden kullanımı. Bu çeşitli yaşam sonu seçenekleri Yaşam Sonu Senaryoları (YSS) olarak adlandırılmaktadır.

BELCANTO bir binanın çevresel etkilerini ve yaşam döngüsü maliyetlerini nitelik ve nicelik açısından değerlendirmekte, ürünlerin özellikleri ve veritabanlarını kullanarak, olası YSS için çevresel yük ve yaşam döngüsü maliyetlerini hesaplamaktadır.



Şekil 3.44 BELCANTO karar destek sistemi şeması (Dorsthorst, 2001).

4. SONUÇLAR

Demontaja Uygun Tasarım (DUT) endüstriyel üretim alanında ortaya çıkmış bir kavramdır. Elektronik üreticileri, otomotiv ve uçak endüstrisi, DUT yöntemini tasarım alanlarına entegre etmişlerdir. Almanya, Japonya, Hollanda gibi ülkelerde DUT sayesinde malzeme ve bileşenler yeniden yaşam döngüsüne katılabilme şansı bulmaktadırlar. Almanya geri dönüşüme uygun araç tasarımı konusunda dünya lideridir. Japonya’da elektronik atıkların %80’i geri dönüştürülmektedir. DUT, mimarlık ve inşaat alanına henüz tam anlamıyla entegre edilebilmiş değildir. Çoğunlukla tekil uygulamalar ve deneysel çalışmalar mevcuttur. Hollanda’da Endüstriyel Esnek Demonte Edilebilir Bina Sistemleri devlet tarafından desteklenmekte, yeniden kullanılma potansiyeli olan bina bileşenlerinin atılması yasal düzenlemelerle engellenmektedir. Bu önlemler sayesinde %80’lere varan bileşen, alt bileşen ve malzeme geri kazanımı veya geri dönüşümü mümkün kılınmıştır.

DUT yöntemi sürdürülebilir mimarlık bağlamında ele alındığında; malzeme ve yapı alanlarının etkin kullanımı, yapının tüm yaşam döngüsü boyunca geçirdiği aşamaların erken tasarım evresinde ele alınması, kaynakların en yüksek verimle kullanılması ve doğal çevrenin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Yapı endüstrisinin inşaat yenileme, bakım ve yıkım aşamalarında ürettiği yüksek miktardaki atıkların, bileşen, alt bileşen, malzeme ve enerji olarak değerlendirilme potansiyelinin farkına varılması için DUT’un yaygınlaşması gereklidir.

Yapısı itibarıyla bir çok bileşenden meydana gelen, çok katmanlı, çok sayıda katılımcının dahil olduğu tasarım ve inşaat sürecinin kontrolü, ancak sistematik bir yaklaşım ile mümkün olabilmektedir. DUT’ta süreç kontrolü çok önemlidir. Bir binanın demontajının mümkün olabilmesi, o binanın yaşam süresince geçireceği aşamaların önceden planlanmış olmasına bağlıdır. Proje ölçeği büyüdükçe süreç kontrolü de zorlaşmaktadır. Gelişen bilgisayar teknolojilerinin, tasarım ve inşaat süreçlerine entegre edilmesi ile bu zorluklar ortadan kalkmaktadır. Bir binayı tanımlayan tüm bilgilerin bir arada tutulduğu Yapı Bilgi Sistemleri (YBS), mimar ve mühendislerin eş zamanlı çalışmalarına imkan tanınması, değişiklikleri yapıldığı anda tüm projeye yansıtması, parametrik yapısı, imalat kontrolü, montaj-demontaj aşamaları, iş programı, mekanik ve strüktürel koordinasyon sağlaması, inşaat ve montaj toleranslarını azaltması bakımlarından geleneksel tasarım yöntemlerine göre çok büyük avantajlar sağlamaktadır.

DUT yönteminde karar destek sistemleri, tanımlama teknolojileri ve YBS kullanımı, tüm sürecin kontrol altına alınmasına yardımcı olan teknolojik gelişimlerdir. Asıl amaç yapı malzemelerinin yaşam döngülerini kontrol altına alarak ham maddelerin kullanımını azaltmaktır. Böylece DUT'un en önemli savlarından biri olan sürdürülebilirliğe ulaşma yolunda önemli bir adım atılacaktır.

Öneriler:

- İnşaat ve mimarlık alanında DUT konusunda farkındalık yaratılmalıdır.
 - Yapı sektöründe görev alan mimar, mühendis, proje geliştiricileri ile mal sahipleri DUT hakkında bilgilendirilebilir, DUT'un sürdürülebilirliğe katkısı anlatılabilir.
 - Mimarlık ve mühendislik fakültelerinde DUT kavramı müfredata dahil edilebilir, disiplinlerarası koordinasyon sağlanarak üretim mühendisliği alanındaki örneklerin yapım alanına nasıl entegre edileceği yönünde araştırma yapılabilir.
 - Türkiye'de inşaat atıklarının miktarını belirten veritabanı oluşturulabilir, boşa giden kaynakların oluşmasında kilit rol oynayan mimar mühendis ve yüklenicilerin bilgisine sunulabilir.
- İlgili yasa ve yönetmelikler çıkarılarak DUT desteklenmelidir.
 - Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu yapı alanına entegre edilebilir. Bu sayede otomotiv ve elektronik sektörlerindeki başarılı örnekler yapı sektöründe de sağlanabilir.
 - Yıkım atıklarının bertarafı ile ilgili ücretler arttırılabilir. Hollanda örneğinde olduğu gibi, yeniden kullanım potansiyeli olan bina bileşenleri ile malzemelerinin atılması yasaklanabilir.
 - Kullanılmış, geri dönüştürülmüş veya geri kazanılmış bina bileşenlerinin yeni projelerde kullanımını sağlamak amacıyla derecelendirme yapılabilir.
 - Kullanılmış yapı malzemelerini işleyen tesisler teşvik edilebilir.
- DUT için kılavuz niteliğinde tasarım rehberi oluşturulmalıdır.
 - İskoç Demontaja Uygun Tasarım ve Detaylandırma Rehberi SEDA (Morgan ve Stevenson, 2005), Amerikan Çevre Koruma Ajansı ve Chartwell School, Demontaja Uygun Tasarım Rehberi (Hood vd., 2007), Seattle, King County

Demontaja Uygun Tasarım Rehberi (Guy ve Ciarimboli, 2005) gibi Türkiye koşullarına özel DUT tasarım rehberi oluşturulabilir.

- DUT konusunda araştırmalar yapan, raporlar yayınlayan CIB gibi çalışma gruplarıyla temasa geçilebilir, ortak bilgi havuzlarından faydalanılabilir, Türkiye'ye özel DUT çalışma grubu kurulabilir.
- Türkiye'deki endüstrileşmiş yapım sistemlerinin yalnızca montaja değil aynı zamanda demontaja da uygun üretim yapması için bilgilendirme yapılarak üreticilerin sağlayacakları ekonomik ve çevresel yararlarından haberdar olmaları sağlanabilir.
- DUT yönteminde Yapı Bilgi Sistemi teşvik edilmelidir.
 - Sistematik yapısı, bilgiye her an ulaşılabilmesi, tüm bilgilerin bir arada tutulabilmesi, eş zamanlı çalışmaya ve koordinasyona imkan tanınması DUT yönteminin uygulanmasında büyük avantaj sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abdullah, A. ve Anumba, C.J. (2003), “Decision Tools for Demolition Techniques Selection”, Proceedings of the 11th Rinker International Conference, Deconstruction and Materials Reuse, CIB Publication 287, May 7-10 2003, Gainesville, Florida, USA, 55-72.

Ayres R.U. ve Ayres L.W., (1996), *Industrial Ecology: Towards Closing the Materials Cycle*, Edward Elgar, Cheltenham, 13-15.

Baytan M. (2007), *Origin and Magnitude of Waste in The Turkish Construction Industry*, Mimarlık Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara

Bogue R., (2007), “Design For Disassembly: A Critical Twenty-First Century Discipline” Okehampton, UK, *Assembly Automation* 27(4): 285-289

Bowes H. ve Golton B., (2001), “Obsolescence and Demolition of Local Authority Dwellings in the UK – A Case Study”, “Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, CIB Publication 266, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, CIB World Building Congress, 6 April 2001, Wellington, New Zealand. 87-97

Brand S., (1994), *How Buildings Learn, What Happens After They’re Built*, Viking, London

Brennan L., Gupta S.M. ve Taleb K.N., (1994), *Operations Planning Issues in Assembly / Disassembly Environment*, Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA.

Chini A. R., (2001), “Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, CIB Publication 266, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, CIB World Building Congress, 6 April 2001, Wellington, New Zealand.

Chini, A.R. ve Acquaye L., (2001), “Grading and Mechanical Properties of Salvaged Lumber”, Proceedings of the CIB Task Group 39, Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy, Wellington, New Zealand, 6 April 2001, 138-162.

Chini A.R. ve Schultmann F., (2002), “Design for Deconstruction and Material Reuse”, CIB Publication 272, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, 9 April 2002, Karlsruhe, Germany.

Chini A. R., (2003), “Deconstruction and Materials Reuse”, CIB Publication 287, Proceedings of the 11th Rinker International Conference, May 7-10, 2003, Gainesville, Florida, USA.

Crowther P., (1999), “Historic Trends in Building Disassembly”, ASCA/CIB International Science and Technology in Transition: Mastering The Impacts, Montreal, June 1999

Crowther P. (1999), “Design for Disassembly”, Royal Australian Institute of Architects/BDP, *Environmental Design Guide*.

Crowther P., (2001), “Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction”, CIB Publication 266, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, CIB World Building Congress, 6 April 2001, Wellington, New Zealand.

Crowther P., (2005), “Design for Disassembly - Themes and Principles”, RAIA/BDP *Environment Design Guide*.

Çakıcı F.Z., (2005) “The Process And Feasibility Of Building Deconstruction: A Case Study In Ankara”, Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara

Çakmaklı A.B.,(2007), “Life Cycle Assesment of Building Materials in Hotel Refurbishment Projects: A Case Study In Ankara”, Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara

Dorsthorst B. J. H. (2001), “Re-use of Apartment Buildings: A Case Study”, Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy”, CIB Publication 266, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, CIB World Building Congress, 6 April 2001, Wellington, New Zealand. 87-97

Duffy F. ve Henney A., (1989), The Changing City, Bulstrode Press, London.

Durmisevic E., (2006), “Transformable Building Structures, Design for disassembly as a way to introduce sustainable engenieering to building design & construction” , Doktora Tezi, Delft Technical University.

Elias-Özkan S.T. (2002), “An Overview of Demolition, Recovery, Reuse and Recycling Practices in Turkey, Design for Deconstruction and Material Reuse”, CIB Publication 272, Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting, 9 April 2002, Karlsruhe, Germany, 128-138.

Elias-Özkan S.T. (2003a), “Deconstruction of Earthquake-Damaged Buildings in Turkey, Deconstruction and Materials Reuse”, CIB Publication 287, Proceedings of the 11th Rinker International Conference, May 7-10, 2003, Gainesville, Florida, USA, 138-150.

Elias-Özkan S.T. (2003b), “Report 8, The State of Deconstruction in Turkey”, Paper in the book “Deconstruction: Techniques, Economics, and Safety”, Florida

Esin, T. ve Coşgun N., (2007), “A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey.” Building and Environment April 07, 42(4):1667-1674.

Fletcher S.L., Popovic O. ve Plank R., (2000), “Designing for Future Reuse and Recycling”, Proceedings of the Deconstruction - Closing the Loop conference, BRE, Watford, UK, 18.05. 2000.

Guequierre N., (2000), “Ongoing Research at The Delft University of Technology, BELCANTO: Cost and Environmental Impact of Building Product After demolition” CIB Report, Publication 252, CIB International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, Florida, 130.

Guequierre N.M.J. ve Kristinsson J., (1999), “Product Features that Influence the End of a Building”, Proceedings of the 8th Durability of Materials and Components Conference

Guy, B., (2003), “Creating Business Opportunities Through the Use of a Deconstruction Feasibility Tool”, Proceedings of the 11th Rinker International Conference, CIB, Deconstruction and Materials Reuse, CIB Publication 287, Gainesville, Florida, USA, May 7-10 2003, 36-47.

Guy B. ve Ciarimboli N., (2005), “DFD Design for Disassembly in the Built Environment: A guide to closed-loop design and Building”, Pennsylvania, USA.

Habraken, N. J. (1998), The Structure of the Ordinary, MIT Press, Cambridge

Hobbs, G. ve Hurley, J., (2001), “Deconstruction and the Reuse of Construction Materials”, Proceedings of the CIB Task Group 39, Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy, Wellington, New Zealand, 6 April 2001, 98-124.

Hood T., Adrienne P. ve Gendt S., (2007), “Design for Deconstruction” California, USA

Khawaja N.A., (2005), “A Methodology for Total Life-Cycle Costing of Buildings Designed for Disassembly”, Master Thesis of Applied Science (Building Engineering) at Concordia University, Montreal, Quebec, Canada

Kibert C.J. ve Chini A.R., (2000a), “Overview of Deconstruction in Selected Countries”, CIB Report, Publication 252, CIB International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, Florida.

Kibert C.J. ve Chini A.R., (2000b), “Introduction: Deconstruction as an Essential Component of Sustainable Construction”, CIB Report, Publication 252, CIB International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, Florida.

Kibert, C. J. (2003) “Deconstruction: The Start of a Sustainable Materials Strategy for the Built Environment”, Industry and Environment, United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics, 26(2):86, April – September 2003, Paris, France.

Kieran S. ve Timberlake J. (2003), Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction, Mc Graw-Hill Companies, New York

Kieran S. ve Timberlake J. (2008), Loblolly House: Elements Of A New Architecture, Princeton Architectural Press

Kowalczyk T., Kristinsson J. ve Hendriks Ch.F. (2000) “State of Art Deconstruction in the Netherlands” CIB Report, Publication 252, CIB International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, Florida.

Kurokawa K., (1977), Metabolism in Architecture, Westview Press, Boulder.

Languell, J.L., (2001), “Development of a Prototype Assessment Tool to Evaluate the Potential to Successfully Implement Deconstruction as a Regional Waste Reduction Strategy”, Unpublished PhD Thesis, University of Florida, Florida, USA

Macozoma D.S., (2001), “Building Deconstruction”, CSIR Building and Construction Technology, South Africa, CIB publication, December 2001

Montaner J.M., Muxi Z. ve Martinez Z.M., (2006), Habitar el Presente: Vivienda en España : Sociedad, Ciudad, Tecnología y Recursos, Ministerio De Vivienda, Madrid

Morgan C. ve Stevenson F., (2005), “Design and Detailing for Deconstruction”, SEDA Design Guides for Scotland: No:1” Scotland

Nelson, A.C., (2004) “Toward a New Metropolis: The Opportunity to Rebuild America”, Discussion paper prepared for The Brookings Institution Metropolitan Policy Program, December 2004.

Paterson G., Crowther P. ve Taylor S., (2007) “Design for Disassembly and Recycling – Using Radio Frequency Identification (RFID) Technology To Facilitate Whole Life Actions For Sustainable Construction” CESB 07 Prague Conference Session T4C Materials , Prague

Richard R. B., (2006), “Industrialised, Flexible and Demountable Building Systems: Quality, Economy and Sustainability”, International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, The CRIOCM 2006, Quebec, Canada.

Rovers R., (2003), “The Building and Construction Sector: Cornerstone Of Sustainability”, Sustainable Building, 3-4 Boxtel Netherlands.

Sev A. ve Özgen A., (2003) “Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma” Yapı Dergisi, 262: 92-99, Eylül 2003

Sev A., (2009), Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayın 155, İstanbul.

Sherman R., (1998), Deconstruction: Giving Old Buildings New Lives, North Carolina Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina State University, North Carolina, USA

Story J.B ve Pederson M. (2003), “Overcoming the Barriers to Deconstruction and Material Reuse in New Zeland, Deconstruction and Materials Reuse”, CIB Publication 287, Proceedings of the 11th Rinker International Conference, May 7-10, 2003, Gainesville, Florida, USA.

TPB (2010), “Rakamlarla Prefabrike Beton 2009” Türkiye Prefabrike Beton/Betonarme Yapı ve Elemanı Üreten Kuruluş Mensupları Birliği, Haziran 2010, Ankara

Topoyan M. (2005), “Yeniden Üretim Sistemleri İçin Sürdürülebilir Ürün Tasarımlarının Oluşturulması”, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 259-264, 2005, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.

Uysal S. (2011), “Bütünleştirilmiş Proje Yönteminde Birlikte Çalışma Teknolojileri” Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Wagner L. (2002), “Materials in the Economy: Materials Flow, Scarcity, and the Environment”, US Geological Survey Circular 1221, US Department of the Interior, Denver CO: US Geological Survey Information Services, February, 2002.

WCED (1990), “Our Common Future (The Brundtland Report)” Melbourne: World Commission on Environment and Development. (Oxford University Pres, ilk yayın tarihi 1987, Oxford)

Webster D. M. ve Costello D. T., (2005), “Designing Structural Systems for Deconstruction: How to Extend a New Building’s Useful Life and Prevent it from Going to Waste When the End Finally Comes”, Greenbuilding Conference, Atlanta, GA.

Yılmaz K., (2006), “Mimarlıkta Adapte Edilebilir ve Güncellenebilirliğe Yönelik Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

YEMAR (2009), “Türk Yapı Sektörü Raporu 2009” YEM, İstanbul

Young Y.M., (1998), Life Cycle Energy Modelling of a Telephone,

2008-2009 İstanbul ÇED Raporu, 285, İstanbul Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009, İstanbul.

2009 Bursa ÇED Raporu 391, Bursa Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009 Bursa.

2008 Sakarya ÇED Raporu, Sakarya Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 259, 2008, Sakarya.

2009 Gaziantep ÇED Raporu 284, Gaziantep Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009, Gaziantep.

2009 Yılı Bartın İli ÇED Raporu, 200, Bartın Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Eylül 2010, Bartın.

2009 Yılı Bingöl İli ÇED Raporu, 132, Bingöl Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009, Bingöl.

2009 Gümüşhane ÇED Raporu, 200, Gümüşhane Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009, Gümüşhane.

2009 Hatay ÇED Raporu, 351, Hatay Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2009, Hatay.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.architecture2030.org (Kasım 2010)
- [2] <http://www.recyclingdergisi.com/detay.asp?uid=961&konu=uretici-sorumlulugu-ve-tehlikeli-atiklar> (Kasım 2010)
- [3] <http://www.maskovi.cz/pavel/index.php?id=2006-12-19> (Kasım 2010)
- [4] <http://www.cca.qc.ca/en/collection/283-cedric-price-fun-palace> (Ekim 2010)
- [5] <http://mattdenicola.blogspot.com/2009/09/pompidou-center.html> (Ekim 2010)
- [6] <http://www.essential-architecture.com/STYLE/STY-072.html> (Ekim 2010)
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nakagin_Capsule_Tower_02.jpg (Kasım 2010)
- [8] <http://www.corbisimages.com/Enlargement/Enlargement.aspx?id=AL027419&ext=1> (Kasım 2010)
- [9] <http://sun1.mpce.stu.mmu.ac.uk/pages/projects/dfe/pubs/dfe22/report22.htm> Young, J.M., "Life Cycle Energy Modelling of a Telephone", DFE Report 22, Manchester Metropolitan University Design for Environment Research Group, DDR/TR22 (Ekim 2010)
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainability> (Aralık 2010)
- [11] http://www.nytimes.com/2007/05/20/magazine/20murcutt-t.html?_r=2 (Ocak 2011)
- [12] <http://www.sydneyarchitecture.com/WES/WES13.htm> (Ocak 2011)
- [13] http://www.architectureweek.com/cgi-bin/awimage?dir=2009/0114&article=news_1-

3.html&image=14114_image_4.jpg (Ocak 2011)

- [14] http://www.keonchook.com/service/board.php?bo_table=topic&wr_id=25 (Ocak 2011)
- [15] <http://www.modabode.com.au/pages/1home.htm#> (Ocak 2011)
- [16] <http://www.modabode.com.au/pages/3manufacture.htm#> (Ocak 2011)
- [17] http://www.sydneyarchitecture.org/downloads/Supple_MG_MIX20.jpg (Ocak 2011)
- [18] <http://www.archdaily.com/39083/macarthur-gardens-education-display-centre-supple-design/> (Ocak 2011)
- [19] <http://www.sydneyarchitecture.org/supple/pages/macarthur.html> (Ocak 2011)
- [20] http://kierantimberlake.com/featured_projects/loblolly_3.html# (Ocak 2011)
- [21] <http://chamdesign.tistory.com/entry/Loblolly-House-1> (Ocak 2011)
- [22] <http://cdn.ronenbekerman.com/wp-content/uploads/2010/07/LoblollyHouse.jpg> (Ocak 2011)
- [23] http://en.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling#Videos (Ocak 2011)
- [24] <http://chamdesign.tistory.com/entry/Loblolly-House-In-Stock-and-Ready-to-Ship> (Ocak 2011)
- [25] <http://www2.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25406.doc> (Aralık 2010)
- [26] <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Ocak 2011)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 12.05.1976

Doğum yeri Balıkesir

Lise 1987-1995 Özel Saint Benoit Fransız Lisesi

Lisans 1995-2001 Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2008-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında
Mimarlık Yüksek Lisans Programı

Çalıştığı kurumlar

2000-2001 Consilium Mimarlık, Mimar

2001-2004 Hamdi Şensoy Mimarlık, Mimar

2004-2009 Matüsan A.Ş. Tasarım Bölümü Yöneticisi, Mimar