

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI ANASANAT DALI

**ÇEVREYE DUYARLI TASARIMLARDA GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR
MALZEMELERİN KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

MUHAMMET ERSEGÜN ERCİŞ

İstanbul - 2012

T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI ANASANAT DALI

**ÇEVREYE DUYARLI TASARIMLARDA GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR
MALZEMELERİN KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

MUHAMMET ERSEGÜN ERCİŞ

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. ESİN DÜZAKIN

İstanbul - 2012



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Güzel Sanatlar Enstitüsü

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı : **Muhammet Ersegün ERCİŞ**

Anasanat Dalı : **ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI**

Tezin Adı : **ÇEVREYE DUYARLI TASARIMLARDA GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR
MALZEMELERİN KULLANIMI**

18/05/2012 tarihinde yapılan savunma sınavında başarılı bulunan tez; kapsam, nitelik ve şekil yönünden **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Kurumu	İmza
Yrd.Doç.Esin DÜZAKIN YOLSEVER	M.Ü.Güzel Sanatlar Fakültesi	
Sınav Jüri Üyeleri		
Yrd.Doç.Hakan ERTEM	M.Ü.Güzel Sanatlar Fakültesi	
Yrd.Doç.Ayşe ERDİLEK	M.Ü.Güzel Sanatlar Fakültesi	
Yedek Jüri Üyeleri		
Yrd.Doç.C.Arslan ÖZBİÇER	M.Ü.Güzel Sanatlar Fakültesi	
Doç.Rüçhan ŞAHİNOĞLU	M.Ü.Güzel Sanatlar Fakültesi	

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü yönetim Kurulu'nun **31/05/2012** tarih ve **XV-3** sayılı kararı ile onaylanmıştır.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii

GİRİŞ.....	1
------------	---

1.ÇEVREYE DUYARLI TASARIM

1.1.Çevreye Duyarlı Tasarım Kavramı.....	4
1.2.Çevreye Duyarlı Tasarımın Tarihsel Perspektifi.....	7
1.3.Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejileri.....	9
1.3.1.Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejilerinin Oluşturulması.....	9
1.3.2.Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejileri Geliştirme.....	10
1.3.3.Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejilerinin Seçimi.....	13
1.4.Çevreye Duyarlı Tasarım Araçları.....	17
1.4.1.(MET) Malzeme Enerji Toksitesi.....	23
1.4.2.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment).....	24
1.4.3.Ekolojik Ağırlık (MIPS).....	26
1.4.4.Eko Strateji Çarkı (Eco Wheel).....	26
1.4.5.Çevresel Etki Analizi(EEA).....	27
1.4.6.Kontrol Listesi (CheckList).....	28
1.4.7.Ürün Kavramını Tanımlama.....	30
1.4.8.Çevresel Tasarım Stratejileri Geliştirme.....	30
1.4.9.Yaşam Döngüsü Yapısı Matrisi geliştirme.....	30
1.5.Çevreye Duyarlı Tasarım İçin Sürdürülebilirlik.....	31

2.ÇEVREYE DUYARLI MALZEMELER

2.1.Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Malzemenin Önemi.....	37
2.2.Malzemelerin Sınıflandırılması.....	40
2.2.1.Çevreye Duyarlı Malzemelerin Sınıflandırılması.....	43
2.2.2.Çevreye Duyarlı Malzeme Örnekleri.....	46
2.3.Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Malzeme Seçimi.....	50
2.3.1.Çevreye Duyarlı Malzemenin Seçiminde Aşamalar.....	53
2.3.2. Çevreye Duyarlı Malzemelerin Seçiminde Etkili Olan Faktörler.....	56
2.4.Çevreye Duyarlı Malzemelerin Özellikleri.....	60
2.5.Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Geri Dönüşümlü Malzeme.....	68
2.5.1.Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanma Nedenleri.....	69
2.5.2.Geri Dönüşümlü Malzeme Kaynakları.....	71
2.5.3.Geri Dönüşüm Şekilleri (Yolları).....	73
2.6.Yaşam Dönemi Sürecinde Geri Dönüşüm.....	74
2.6.1.Ürün Yaşam Dönemi.....	76
2.6.2.Sürecin Yaşam Dönemi.....	76
2.6.3.Lojistik Desteğin Yaşam Dönemi.....	77
2.7.Geri Dönüşüm Ağı (Network).....	77
2.8.Geri Dönüşüm Odaklı Tasarım.....	79

3.OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ÇEVREYE DUYARLI TASARIMA YÖNELİK UYGULAMALAR VE RENAULT ÖRNEĞİ

3.1.Otomotiv Sektörünün Ekonomideki Yeri Ve Önemi.....	81
3.1.1.Sektörün Dünya Ekonomisi ve AB Ülkelerindeki Durumu.....	83
3.1.2.Sektörün Türkiye’deki Durumu.....	85
3.2.Otomotiv Sektöründe Çevreye Duyarlı Tasarım Uygulamaları.....	86
3.3.Otomotiv Sektöründe Çevreye Duyarlı Malzeme Seçimi.....	88
3.4.Otomotiv Sektörünün Yarattığı Çevresel Etkiler (Kirlilik).....	91
3.5. Otomotiv Sektöründe Çevresel Uygulamalar.....	93

3.6. Renault’un Geri Dönüşüm Stratejisi ve Tasarım Uygulamaları.....	95
3.6.1. Renault’un Araştırma Konusu Olarak Seçilme Nedeni.....	95
3.6.2. Renault’un Araştırma Konusu Olarak Seçilme Amacı.....	97
3.6.3. Renault’u Araştırma Yöntemi.....	97
3.6.4. Renault’un Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejisi.....	98
3.6.5. Renault’un Çevreye Duyarlı Tasarım Araçları.....	99
3.6.6 Renault’ta Çevreye Duyarlı Malzeme Seçimi.....	101
3.6.7 Renault’un Çevreye Duyarlı Otomobili: Modus.....	103
SONUÇ.....	106
KAYNAKÇA.....	110

GENEL BİLGİLER

İsim ve Soyadı	: Muhammet Ersegün Erciş
Ana Sanat Dalı	: Endüstri Ürünleri Tasarımı
Tez Danışmanı	: Yrd. Doç. Esin Düzakın
Tez Türü ve Tarihi	: Yüksek Lisans - 2012
Anahtar Kelimeler	: Çevreye duyarlı tasarım, çevreye duyarlı malzeme, sürdürülebilirlik, geri dönüştürülebilir malzeme

ÖZET

ÇEVREYE DUYARLI TASARIMLARDA GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR MALZEMELERİN KULLANIMI

Çevresel problemlerdeki artış, toplumların çevresel duyarlılığının her geçen gün artmasına neden olmuştur. Bütün uluslar çevreyi korumanın önemini anlamış ve bilinçlenmişlerdir. Çevreye ve sürdürülebilirliğine artan ilgi, işletmelerde çevreye duyarlı tasarımı gündeme getirmiştir. Çevreye duyarlı tasarımda temel felsefe, holistik bakış açısıyla ürünün tüm yaşam döngüsündeki çevresel etkilerin azaltılması düşüncesine dayanmaktadır. Çevreye duyarlı malzeme ise çevresel etkiyi minimize etme amacı taşır. Bunun yolu, malzemenin etkinliğini artırmak, enerji ihtiyacını azaltmak ve malzemenin geri dönüşümünü sağlamaktır.

Çevreyle etkileşimi yüksek olan sektörlerden biri otomobildir. Dolayısıyla sektördeki uygulamalar, sosyal, ekonomik ve yasal çevrelerin her zaman ilgisini çekmiştir. Yaşanan çevresel problemler sektörü, çevresel etkiyi azalma konusunda çaba göstermeye itmiştir. Bu çalışmada, katma değeri, gücü fazla ve çevreyle etkileşimi yüksek olan bu sektörün çevreye duyarlı tasarım, malzeme seçimi ve geri dönüşüm konusundaki uygulamaları Renault firma örneği ile incelenecektir.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname	: Muhammet Ersegün Erciş
Field	: Industrial Product Design
Supervisor	: Assist.Prof. Esin Düzakın
Degree Awarded and Date	: Master - 2012
Keywords	: Ecological design, eco material, sustainability, recyclable materials

SUMMERY

THE USE OF RECYCLABLE MATERIALS IN ECO DESIGN

Gradual increase in environmental problems is leading to a rise in social sensitivity. People are becoming more conscious, and significance of the issue is being increasingly considered by all nations. Rising global interest in environment and sustainability caused eco design to become more popular among enterprises. The main principle of the eco design, from a holistic point of view, is based on the purpose of reduction of the environmental effects of goods on life cycle. Eco materials, on the other hand, intend to minimize the environmental damage. The ways of minimizing those impacts are to obtain improved durability of the materials, decreased level of energy requirement, and recycling.

The increasing environmental interest led automotive industry to become the most noteworthy industry since its high level of environmental interaction. It is explicitly remarkable that the attempts of firms to reduce their industrial impacts on the environment by means of social and economic encouragement, and legal intervention. In this research, the application of ecological design, use of eco materials, and recycling processes have been studied by using the example of Renault, one of the leading manufacturers in automotive industry.

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1.1: Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejisi Çarkı.....	15
Şekil 1.2: Ürün Yaşam Döngüsü Aşamaları.....	17
Şekil 1.3: Çevresel Ürün Geliştirmek İçin Farklı Araçların Sistemik Kullanım Modeli.....	19
Şekil 1.4: Lca'nın Iso 14004 Göre Safhaları.....	25
Şekil 1.5: Eko Strateji Çarkı.....	26
Şekil 1.6: Çevresel Etki Analizi.....	28
Şekil 1.7: Sürdürülebilir Gelişme.....	32
Şekil 2.1: Eko Malzemeleri Sınıflandırma Modeli.....	43
Şekil 2.2: Eko Malzeme Seçiminde Dört Adım Analizi.....	55
Şekil 2.3: Eko Malzemenin Kavramsal Modeli.....	61
Şekil 2.4: Yaşam Döngüsü Sitemi.....	74
Şekil 3.1: Otomobil Sanayinin Diğer Sektör Ve Gruplarla İlişkisi.....	81
Şekil 3.2: Türkiye'de(1960-2015)Yılları Arasında Sektörde Yaşanan Değişim.....	85
Şekil 3.3: Otomobilde Kullanılan Malzemeler Ve Oranları.....	91
Şekil 3.4: Otomotivde Plastik Kullanımının Yıllara Göre Değişimi.....	101
Şekil 3.5: Renault'un Çevreye Duyarlı Aracı Modus.....	103
Şekil 3.6: Renault Modus Geri Dönüştürülmüş/Geri Dönüştürülebilir Parçaları.....	104

TABLO LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 1.1: Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejileri Ve Prensipleri.....	16
Tablo 1.2: Kalitatif ve Kantitatif Metotlar.....	20
Tablo 1.3: Çevreye Duyarlı Tasarım Metotları.....	22
Tablo 2.1: Sürdürülebilirlik, Avantaj Ve Dezavantajları Açısından Malzemeler.....	42
Tablo 2.2: Ekolojik Malzeme Örnekleri.....	44
Tablo 2.3: Eko Çimento ve Portland Çimentodaki Hammaddeler.....	47
Tablo 2.4: Yaşam Dönemi Boyunca Enerji Kullanımı.....	52
Tablo 2.5: Malzeme Seçiminde Etkili Olan Faktörler.....	59
Tablo 3.1: Dünyada Motorlu Araç Üretim Rakamları.....	84

GİRİŞ

Çevreye duyarlı tasarım, ürün tasarımı ve geliştirilmesinde çevreyle dost çözümleri araştırır. Ürün yaşam döneminin tümüyle bütünleşerek, hem çevresel hem de ekonomik özellikleri göz önünde bulundurur. Çevresel tehdit, hem ürün hem de hizmetlerin üretim ve tüketiminde giderek artmaktadır. Gelişmiş ülkelerdeki aşırı tüketim, artan yaşlı nüfus, gelişmekte olan ekonomilerdeki hızlı büyüme, kıtalar arasındaki ekonomik eşitsizlik, ürünlerin giderek kısalan yaşam dönemleri, bu problemin temel nedenleri arasındadır. Çevreye duyarlı tasarım, insan arzu ve ihtiyaçlarını tatmin edecek sürdürülebilir çözümler yaratmak için ürünler geliştirilirken, çevresel değişkenlerin ve bütünleşik çok yönlü tasarım özelliklerinin göz önünde bulundurulmasıdır.

Çevreye duyarlı tasarımı motive eden faktörler, çevresel faydalarla sınırlı değildir. Firmalar uyguladıkları tasarım stratejisi ile maliyet tasarrufu sağlayabilir, rekabet avantajı elde edebilir, firmanın imajını zenginleştirebilir, ürünlerin kalitesini artırabilir ve yasal beklentilere cevap verilebilirler.

Günümüzde büyük firmalar çevreye duyarlı tasarımı kamuoyu ve imaj yaratma, örgütü geliştirme, rekabeti teşvik etme yolu olarak görmektedirler. Bunun için çevreye duyarlı tasarımın araçlarını kullanmaları gerekmektedir. Bu araçların kullanımı büyük ölçüde uzmanlık gerektirir.

Çevreye duyarlı tasarımda zeki ve meraklı bir akla ihtiyaç vardır. Eğer ürün iyi tanınıp, yarattığı çevresel sorunlar hakkında akılcı düşüncelere sahip olunursa yaratılacak tasarım stratejileri konusunda, ürünün temel amacının ya da uygulama alanının, kullanım şeklinin normal ömrünün, ebadının ne olacağına ve kullanıcının kim olacağına, odaklanılarak stratejiler geliştirilebilir.

Çevreye duyarlı tasarım konusunda sadece tasarımcılarla çalışılmaz. Çünkü çevreye duyarlı tasarım disiplinler arası bir takım çalışması yaklaşımını gerektirir. Dolayısıyla, bir firmada çevresel tasarıma birçok giriş noktası bulunmaktadır. Örneğin Satın alma departmanı, tedarikçi seçimi ve çevreye daha az zararlı maddeler içeren malzemeler bulmaktan sorumludur. Pazarlama bölümü, “yeşil daha iyi satar” felsefesiyle, pazar olanaklarını araştırarak ve firmanın çevreci çabalarını pazara anlatabilir. Araştırma

ve geliştirme bölümü çevresel düşünceleri, yeni buluşların geliştirilmesi ve verimlilik artışı için mevcut potansiyeli belirlemede yaratıcı bir strateji olarak kullanabilir. Eğer tasarımcı ekip disiplinli bir yapıya sahipse, çevresel performans, günlük çalışmalarına dahil edecekleri bir ölçütten başka bir şey değildir. Çevre sağlık güvenlik bölümü, çevresel konulardaki uzmanlığıyla ekolojik bakımdan çalışmalara katkıda bulunabilir. Kalite kontrol, daha iyi ürün üretimiyle ilgilenir ve çevreye duyarlı tasarımla uyum içinde olmaya çalışır.

Çevreye duyarlı tasarım ayrıca yaratıcılık ve yenilik gerektirir. Buna ek olarak yasalar ve standartlar, tasarımcılara rehberlik eder yol gösterir. Çevreye duyarlı tasarımın bütünleşik çaba gerektirdiği unutulmamalıdır.

Çevreye duyarlı tasarım uygulamasının en önemli değişkeni malzeme ve seçimidir. Doğru seçim yapılmadığı takdirde ürün yaşam dönemi boyunca üretimde, pazarda sorunlar yaşanabilir. Malzeme seçimi zor, pahalı ve uzun bir süreçtir. Çoğu zaman bir ürün için birden fazla malzeme uygun olabilir. Ancak nihai seçim malzemenin avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak yapılmalıdır. Özellikle, malzemenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilip edilmediği, içerdiği geri dönüşümlü malzeme oranı, zararlı maddeler içerip içermediği, enerji ihtiyacı, yeniden kullanılabilir olup olmadığı gibi değişkenler seçimde göz önünde bulundurulmalıdır.

Yaşanan çevresel problemler nedeniyle, çevreye duyarlı tasarıma tüm sektörlerde artan ilgi, sosyal çevrede artan çevresel duyarlılık, konuya verilen önemi her geçen gün artırmaktadır. Çünkü insanlığın geleceği söz konusudur.

Çevreye duyarlı tasarım ve malzeme seçiminin sistem içerisindeki yeri ve önemini belirtebilmek amacıyla bu çalışmada, tasarım uygulamalarını etkileyen bir takım anahtar faktörler ele alınmış, çevreye duyarlı tasarımın geçmişi, faydaları, uygulamadaki engeller, araçlar, doğru malzeme seçiminin önemi irdelenmiştir. Yine çevresel duyarlılık konusunda en fazla dikkat çeken ve çevreye duyarlı ürün üretme çabaları giderek artan otomotiv sektöründeki çevresel uygulamaların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konunun yeri ve önemini belirtmek amacıyla çevreye duyarlı tasarım kavramı, tarihsel geçmişi, yaklaşımı uygulama

konusuna geliştirilen stratejiler, seçimleri, çevreye duyarlı tasarım araçları ve çevreye duyarlı tasarımın ilerisinde yer alan sürdürülebilirlik kavramı ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

İkinci bölümde çevreye duyarlı tasarımda malzemenin önemi, yeri, sınıfları, malzeme seçiminde etkili olan faktörler, seçim aşamaları, çevreye duyarlı tasarımın dikkat çeken değişkenlerinden olan geri dönüşümlü malzemelerin tanımı, kullanma nedenleri, geri dönüşümlü malzeme örnekleri, şekilleri, kaynakları ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Üçüncü bölüm, otomobil firmalarının çevreye duyarlı tasarım uygulamalarını incelemek amacıyla oluşturulmuştur. Bu bölümde otomotiv sektörünün ekonomideki yeri ve önemi, firmaların çevreye duyarlı tasarım uygulamaları, malzeme seçimleri, yarattıkları çevresel kirlilik, önlemek için yürütülen çabalar ve Renault'un çevreye duyarlı tasarım süreci irdelenmeye çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇEVREYE DUYARLI TASARIM

1.1. Çevreye Duyarlı Tasarım Kavramı

Doğal kaynakların hızla tükendiği ve çevre sorunlarının artarak küresel boyutlara ulaştığı günümüzde, kaynak ve enerji tüketiminde azalma, geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranında iyileştirme sağlanması çevreye duyarlı anlayışın temelini oluşturmaktadır. Bu anlayış, sorunların oluşmasından sonra çözümler bulunması yerine, oluşmadan önlenmesini amaçlayan çözümler üzerine odaklanmıştır (Altınışik ve Akyol, 2007, s13).

Çevreye duyarlı süreçlerin hayata geçirilebilmeleri için, oluşan atık miktarını azaltarak çevresel etkilerini en az düzeyde tutacak yöntemler ve süreçler uygulanmalı ve ürünler bu amaç doğrultusunda tasarlanmalıdırlar (Altınışik ve Akyol, 2007, s.40).

Çevreye duyarlı tasarım ekonomik, sosyal ve ekolojik prensiplerin devamlılığını sağlama odaklı olan fiziksel objeler ya da mekanlar tasarlama felsefesidir. Global çapta çevresel krizler, ekonomik faaliyetlerin ve insan nüfusunun hızlı büyümesi, doğal kaynakların giderek tükenmesi, eko sistemlerin zarar görmesi ve doğal çeşitliliğin yok olması karşısında oluşan genel bir reaksiyondur (Shu-Yang ve diğ., 2004, s 98).

Çevreye duyarlı tasarım ürün ve hizmetlerin (enerji, malzeme, dağıtım, ambalajlama ve ürün ömrü iyileştirme) yaşam döngüsü sürecine etkilerini en aza indirmek ile ilgili bir stratejik tasarım yönetimi sürecidir. Bu süreç, sürdürülebilir üretim, tüketim ve kalkınma için önemli bir basamak olarak kabul edilmektedir (Almeida ve diğ., 2010, s 32).

Çevreye duyarlı tasarım fiyat performans ve kalite standartlarını koruyarak tasarım sürecine yönelik bütünsel çevresel kavramları kapsayan bir endüstriyel faaliyet olarak tanımlanmıştır (Lofthouse ve Bhamra, 2001, s.2).

Çevresel duyarlılığa yönelik geleneksel yaklaşımlar, kirliliğin önlenmesi veya artıklara yönelik yönetim süreçlerine dayanmaktadır. Ancak bu stratejiler, ürünlerin tasarımını göz önüne almayarak sadece potansiyel çevresel zararlardan kaçınma veya

bunları minimize etmeye odaklanmıştır. Tıbbi bir terimle ifade etmek istersek bu türden geleneksel yaklaşımların hastalığın kökeninin teşhis etmeden rahatsızlıkları yatıştırmaya yönelik geçici tedaviler olduklarını söyleyebiliriz.

Çevreye duyarlı tasarım, ürün yaşam döngüsünün tümünü göz önünde bulundurarak ürün tasarımını sürdürülebilir bir yaklaşımla ele alır. Ürün yaşam döngüsünün her adımı, çevre üzerinde yaratacağı etki açısından değerlendirilir. Amaç olabilecek olumsuz etkileri en aza indirecek şekilde ürün tasarlamaktır. Tüm tanımların ortak paydası ürün yaşam dönemine sürdürülebilir perspektiften bakmaktır.

Çevreye duyarlı tasarım, çevresel kaygıları bir baskı unsuru olarak görme yerine, amaç haline geldiği tasarımlar olarak yorumlanmaktadır. Bu tasarımın hedefi, verimliliği artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve ürün performansını iyileştirmektir.

Endüstriler günümüzde, mevcut ürünlerini yeniden tasarlama yoluna gitmektedir. Bu yeniden tasarım ise, imalatla daha fazla geri dönüştürülmüş veya geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, toksik ve tehlikeli malzemelerin uygun alternatifleri ile değişimi, ürünün malzeme yoğunluğunun azaltılması ile gerçekleştirilmektedir. Burada ana amaç, ürünün kalitesini koruyarak ya da iyileştirerek, tüketimden kaynaklanan çevresel etkileri azaltmaktır. Bir ürünün çevresel etkileri, o ürünün tasarımından başlayarak oldukça geniş bir ölçeğe yayılır. Dolayısıyla, firmalar yarattıkları çevre kirliliğini azaltmak için çevresel kaygıları, ürünün planlama, tasarım ve geliştirme aşamalarında dikkate almak durumundadır (Durmuş, 2008, s.68).

Doğayla uyumlu tasarımlar, ürün geliştirme sürecindeki katma değer zincirine de katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla buradaki yaklaşım “ürün ve üretim süreçlerinin dışındaki çevresel etkilerin tasarımı” dır. Ana tasarım bittikten ve gerekli üretim teknolojileri ayarlandıktan sonra geliştirme ölçümleri için sadece süreç etkinliğini artırma üretim süreç çıkışlarını minimize etme bağlamında küçük olasılıklar söz konusu olacaktır. Ayrıca çok ileri düzeydeki geri dönüşüm teknolojisi de ürün tasarımı için belirlenmiş olan süreci yerine getirecektir.

Çevresel ürünlerin büyük bir çoğunluğu ürün tasarım aşamasında değerlendirilme işlemine tabi tutulmaktadır. Yaşam döngü giderleri ile ilgili süreç de aynı şekilde

işlemektedir. Dolayısıyla ekonomik ve çevresel boyutların baştan beri ürünün bütünleşik bir parçası olarak ele alınması gerekmektedir. Doğa uyumlu tasarım, ürün tasarım aşamasında tüm ham maddelerin ilk edinildikleri andan nihai tüketim süresine kadar devam eden yaşam döngüsünün göz önüne alınmasıyla çevresel koşulların bütünleşik bir unsuru olarak tanımlanmaktadır. "Eko" ön takısı hem ekonomi ve hem de ekoloji (doğa) sözcüklerinin kısaltmasını ifade etmektedir (Schischke ve diğ.,2005,s 3).

Çevreye duyarlı tasarım prensip ve uygulamaları, sürdürülebilir ekonomide gözle görülür bir ilerleme sağlar ve önemli ihtiyaçları hızlı ve etkin bir şekilde karşılar.

Çevreye duyarlı tasarımın prensiplerini ve uygulamalarını özetleyecek olursak (Shu-Yang ve diğ., 2004, s 97);

- İnsanların doğal ihtiyaçlarını karşılamak ve tasarruf etmelerini sağlamak
- Hem doğal hem de işlenmiş ekosistemin yapısını bütünleştirerek, sürdürülebilir kılmak
- Doğadan miras olan insan kaynaklı yönetim sistemlerini esas almak
- Enerjinin ve malzemenin etkin kullanımı ve geri dönüşümü üzerine daha fazla odaklanmak. Yenilenebilir kaynaklar üzerinde daha fazla güven sağlayacak sürdürülebilir bir ekonomi için ilerleme sağlamak
- Kaynakların kontrolsüz kullanımı ve çevresel hasarların yol açtığı doğal sorunlara çözüm getirmek için ekolojik ekonomi kullanmak
- Doğal ekosistemi ve yerel çeşitliliği belirli bir düzeyde korumak
- Doğal dünyanın korunması ve kaynakların muhafaza edilmesi için sürdürülebilir kalkınmaya sosyal destek oluşturarak çevresel bilinci artırmaya çalışmak.

Yukarıda bahsedilenler, ürünlerin, mimari uygulamaların, endüstriyel ağların ve parkların, insan topluluklarının yönetimi ve planlanması için çevreye duyarlı tasarım prensiplerinin uygulanması gerektiğini göstermektedir.

1.2. Çevreye Duyarlı Tasarımın Tarihsel Perspektifi

Çevre sorunları, özellikle son yirmi yıldır artan bir ilgi ile dünya kamuoyunun gündemine girmiştir ve çözüm yolları için hemen her alanda öneriler ortaya konulmuştur (Yolsever, 1995). Çevreye duyarlı tasarım kavramı 1980'li yıllarda "Green Design" la önem kazanmaya başlamıştır (Roy, 1993, s.1). Sebebi, endüstriyel üretim ve tüketimle birlikte büyüyen çevresel problemlerdir. Global ölçekte iklim değişiklikleri, asit yağmurları, yerel ölçekte ise kirlenmiş topraklar, doğada çözünmeyen atıklar önemli problemlerden bazılarıdır. Bu tür çevresel problemler, mühendisleri, tasarımcıları, yöneticileri, firmaların stratejilerini önemli ölçüde etkilemiştir. çevresel konular firmaların faaliyetleriyle bütünleşmiş, ekoloji ve tasarım kavramı odaklanılan konu haline gelmiştir (Gürakar, 2008, s.6).

Çevreye duyarlı tasarım kavramının tarihsel seyrini inceleyecek olursak 1960-70'li yıllarda ürünle ilgili çevresel problemlerin, kanalın son noktasından kaynaklandığı düşünülmektedir ve onarım önemli bir problem idi. Yani çevresel problemlerin kaynağının tüketim ve elden çıkarma olduğu düşünülmektedir. Daha sonra işletmeler temiz bir çevre oluşturma konusunda daha sistematik ve kapsamlı düşünmeye başladılar. 1980'li yıllar çevreye duyarlı tasarım kavramının tartışılmaya başlandığı firmaların eko etkinliklerini geliştirmeye çalıştığı dönemdir. Bunu ürün sistemlerini ve mevcut ürünleri yeniden tasarlama ve düzenleme suretiyle gerçekleştirmişlerdir. 90'lı yılların başlangıcı çevreye duyarlı tasarımın başlangıç dönemini, ortaları çevreye duyarlı tasarımın çevresel anlayış çerçevesinde organizasyonlara adapte edildiği ve bu iki kavramın yani organizasyonlar ve çevresel tasarımın birleştiği dönemdir. 90'ların sonları ise modern işletmecilikle bütünleştirilmiş çevreye duyarlı tasarım olarak adlandırılır. Son dönemde stratejik yönetim anlayışının önemi anlaşılmış, çevresel konular firmaların bütün faaliyetleriyle özdeşleştirilmiştir. Çevresel konulara artan ilgi, daha az enerji, daha az atık oluşturan imalat süreci ve geliştirilen yeşil ürünler firmaları rakipleri karşısında avantajlı konuma taşımıştır (Puthenpurackal, 2004, s.17).

Çevreye duyarlı tasarım kavramı literatürde çeşitli isimler altında ele alınmaktadır yeşil tasarım, ekolojik tasarım, doğa uyumlu tasarım, çevreye duyarlı tasarım, çevre sorumlu tasarım gibi. Ancak yeşil tasarım ürünün yaşam döneminin belirli yönlerine odaklanırken çevreye duyarlı tasarım ürünün yaşam döneminin tümüne odaklanır. Amaç,

Üretim sürecine başlamadan önce, üretim süreci sırasında ve sonrasındaki tüm yaşam dönemi boyunca çevresel etkileri minimize etmektir (Gürakar, 2008, s.7).

Diğer taraftan sürdürülebilirlik kavramı dünyanın kaynaklarının tükenmesi, evre kirliliği, türlerin yok olması ve küresel ısınma gibi problemlerle karşı karşıya kalınması sonucu gündeme gelmiştir. Bunların sonucunda sürdürülebilir ürün tasarımı ya da evre bilinçli tasarım ilgi görmeye başlamıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı üç farklı açıdan ele alınmıştır "Sürdürülebilirlik bir kavram, bir hedef ve bir stratejidir. Konsept sosyal adaleti sağlama, ekolojik bütünlük dünyadaki tüm yaşam sistemlerinin iyileştirmektir. Hedef, gelecek nesilleri riske atmaksızın doğanın dengeleri içerisinde tüm dünyada sosyal ve ekolojik düzeni korumak ve sürdürmektir. Sürdürülebilirlik, aynı zamanda sürdürülebilir geleceğe yönelik bir hareket stratejisi ve sürecini yansıtır (Guy ve Moore, 2005, s.28). Bu kavram tüm dünyada kaynakların yok olma noktasına gelmesi ile gündeme gelmiştir. Brundtland Raporu; sürdürülebilir kalkınmayı gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünkü neslin ihtiyaçlarını karşılayan bir kalkınma anlayışı olarak tanımlar. Bir başka ifadeyle, doğal sermaye stokunda bir azalma olmadan gelecek nesillerin de bu günkü nesiller gibi aynı refah düzeyine sahip olmaları anlamına gelir.

Marsall ve Toffel (2005, s.673) ise bu kavramı kısaca şöyle ifade etmişlerdir " eğer gelecek nesillere yaşanır bir dünya bırakmak istiyorsak onların ihtiyaç duyduklarından daha fazlasını yapmalıyız.

zet olarak yeşilden çevreye duyarlı ya ve daha sonraları sürdürülebilirliğe doğru gelişim ve değişim yaşanmıştır. Yeşil tasarım çevresel, yararlı ürün ve süreç geliştirme amacı taşır ve ürün yaşam döneminin belirli dönemlerini hedef alır. Geleneksel imalat ve tasarım metotlarına karşılık, çevresel konuları, analiz ve sentez yöntemlerini kullanır (Hendrickson ve diğ., 2012, s.1). Çevreye duyarlı tasarım ise ürün ve malzemenin tüm yaşam dönemi boyunca çevresel etkisini azaltmayı hedefler. Sürdürülebilir tasarım ise çevreye duyarlı tasarımı aşan, ürünü çevresel, etik, ekonomik ve sosyal değişkenlerle birlikte değerlendiren kavramdır (Charter ve Tiscner, 2001, s.263).

1.3. Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejileri:

Çevreye duyarlı tasarım stratejileri ürün tasarım süreci ilişkilerine göre birinci kuşak ve ikinci kuşak stratejiler olarak sınıflandırılır (Baki, 2007, s 68).

İlk kuşak çevreye duyarlı tasarım stratejileri; üretim atıklarının azaltılması, ürün atıklarının azaltılması zararlı malzemelerin üretimden çıkarılması gibi çevresel gelişimleri kapsamaktadır. Bu stratejiler çevreyi süratle düzenlerler. Bu stratejiler sürece değer katar ve pazarlanabilir çevresel etki sağlar. Düzenli çevresel iyileştirmeler küçük adımlarla yapılır, sürekli yenilemeye ve gelişime ihtiyaç duyulur.

Birinci yaklaşımın amacı belirlenmiş ürünlerin, çevresel hedefler doğrultusunda performanslarını artırmaktır. Bu zararlı olmayan ve çevreye etkisi minimize edilmiş ürünler geliştirmek anlamına gelir.

İkinci kuşak çevreye duyarlı tasarım stratejilerinde; hedef, gelecek nesiller için çevresel düşüncüyü ürün geliştirme sürecinin başlangıcı olan kavramsal tasarım safhasında benimsetmektir

İkinci yaklaşım firmaların çevresel tasarımı, standart tasarım uygulamalarının bir parçası haline getirmeleri anlamına gelir. Bu strateji en iyi mevcut tasarım metotlarında değişiklik yapmak ya da yeni yöntemlerle uygulanabilir.

1.3.1. Çevreye duyarlı tasarım stratejilerinin oluşturulması

Han ve Brezet çevreye duyarlı tasarım stratejilerinin firmaların özelliklerine bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Firmanın stratejilerini geliştirirken göz önünde bulundurması gereken değişkenler sırasıyla; mevcut durumunu analiz edilmesi, eldeki teknoloji, insan ve finansal kaynaklarla yapılabileceklerin belirlenmesi ve son olarak işletme çevresinde yer alan grup (müşteri, rakip,aracı vb) ve faktörlerin (çevresel şartlar,yasalar,kültür vb) etkisinin araştırılmasıdır. Buna göre; (Hemel, 1997).

- Mevcut çevresel ürün profiline bağlı olarak firmanın ne yapabileceği
- Firmanın içyapısına, imkân ve hedeflerine bağlı olarak ne yapmak istediği

- Firmanın rakiplerinin, müşterilerinin, hükümetlerin çevresel ihtiyaçlarına bağlı olarak ne yapması gerektiği, stratejilerine temel oluşturur.

Özet olarak çevreye duyarlı tasarım stratejilerini belirlemek için firmanın çevreye duyarlı tasarım konusunda çabasına ve çevresel ürün analizine ihtiyaç vardır. Bu adımlar planlanmış ürünün çevresel gereksinimleri belirlenerek atılır. Çevreye duyarlı tasarım stratejileri belirlenirken farklı yollar takip edilebilir. Önemli olan ekonomik duyarlılığı muhafaza ederek, çevresel yönetim akli oluşturabilmektir.

1.3.2. Çevreye duyarlı tasarım stratejileri geliştirme

Çevreye duyarlı tasarım stratejileri, ürünün tüm yaşam dönemini kapsar. Dolayısıyla stratejiler, ürün yaşam dönemiyle ilişkili olarak organize edilmelidir. Amaç ürünün çevresel etkisini azaltmaktır. Uygulanacak stratejiler firmanın yer aldığı iç ve dış çevreye göre farklılık gösterir. Firmaların uygulayabilecekleri çevreye duyarlı tasarım stratejileri şunlardır; (Gertakis, 2001,s 200; Tishcner, 2001, s 268)

- Yeni konsept geliştirme
- Malzeme tüketimini ya da çeşitliliğini azaltma
- Çevreye duyarlı malzeme seçme
- Üretim sürecinin çevreye etkisini azaltma
- Dağıtımı optimize etme
- Yaşamın faydasını artırma
- Atık yönetimini optimize etme

Yeni konsept geliştirmek: Konsept farklı tasarım stratejilerini kapsar. Konsept ürün ve hizmetler çok katı özelliklere sahip değilse ya da performans gereksinimleri tam tanımlanmamışsa uygulanabilir. Çevreye duyarlı ürünlere, natürel, organik, biyo çözünür ürünler örnek gösterilebilir.

Malzeme azaltmak: Ürün ya da hizmetlerin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için kullanılacak malzeme miktarının mümkün olduğunca azaltılması gerekmektedir.

Ürünü paylaşarak kullanma: Ürünün farklı kişiler tarafından kullanımını teşvik ederek, yaşam dönemi boyunca kullanım sayısını artırmaktır. Bu stratejinin amacı her bir kullanım sonucunda çevresel etkileri azaltmaktır. Örneğin, otomobil kiralamak, mobilyaların paylaşılması vs. gibi.

Fonksiyonları birleştirme: Birçok fonksiyonu bir arada yürüten ürünler üretmektir. Çok fonksiyonlu elektronik aletler, mobil telefonlar, kameralar buna örnek gösterilebilir.

Malzeme çeşidini ve tüketimini azaltma: Malzeme, birçok ürün ve hizmetin çevresel performansını belirlemede anahtar rol oynar. Malzeme kullanımını azaltmak için şu yollar takip edilebilir;

- Tamamlayıcı parçaları azaltmak (Eğer bu parçalar önemli bir fonksiyona sahip değilse, estetik, değer ya da kalitede bir artış sağlamıyorsa malzeme azaltımı doğru bir yaklaşımdır)
- Malzeme yoğunluğunu ve kenar kalınlığını optimize etmek
- Ürünün parçalarını ve kısımlarını yeniden kullanmak
- Boya, vernik ve diğer koruyucu parçaların kullanımından kaçınmak

Çevreye duyarlı malzeme seçmek: Ürün tasarlanırken kullanılacak malzemenin miktarı kadar, kullanılacak malzemenin çeşidi de önemlidir. Araçlar değerlendirilirken, farklı malzeme alternatifleri mukayese edilmelidir. Bu kıyaslama yapılırken çevreye duyarlı malzemelerin belirlenmesine yardımcı olacak kurallar vardır. Buna göre çevreye duyarlı malzemeler;

- Yenilenebilir kaynaklardan türetilmelidir
- Yüksek oranda geri dönüşümlü malzeme ihtiva etmelidir
- Zararlı maddeler içermemelidir
- Düşük enerjiye ihtiyaç duymalıdır
- Kolayca geri dönüştürülebilmelidir

Üretim sürecinin çevresel etkilerini azaltmak: Tasarım esnasında, imalat sürecini etkileyecek gelişmiş aktiviteleri uygulamak mümkündür. Üretim sürecinin çevresel etkisini azaltmak için aşağıdaki şartlar gereklidir;

- Malzeme tüketimini ve enerji kullanımını azaltmak için üretim aşamalarının sayısının azaltmak
- Malzeme seçimi yapılırken ve süreç işlerken üretim atıklarının üretim zincirine dâhil etmek
- Temiz üretim süreci seçmek (su ve enerjinin etkin kullanımı, düşük enerji tüketimi, atıkların üretimi, yenilenebilir enerji kullanımı, geri dönüştürülmüş malzeme kullanma, malzemenin kalitesinde değişiklikten kaçınma. vb) gereklidir.

Dağıtımın optimize etmek: Ambalajların kullanımını, ürünlerin dağıtımını, ulaştırma sistemlerini kapsar.

Bu nedenle farklı tasarım aktivitelerinin ürünün dağıtımı sırasında çevresel etkiyi azaltmak için aşağıdaki değişkenleri göz önünde bulundurmaları gerekir;

- Ambalaj kullanımı minimize etmek
- Ambalaj için çevreye duyarlı malzeme kullanmak
- Ambalaj malzemelerinin çeşitlerinin belirlenmesini kolaylaştırmak
- Ürün tasarımını, depolama ve nakliye esnasında, ünite başına ürün hacim miktarını maksimize edecek şekilde gerçekleştirmek, (ürünün kapsadığı alanı azaltmak için monte edilmeden, sıkıştırılmış ambalajla nakletmek)
- Ürün ve ambalaj ağırlığının azaltmak

Ürün yaşamının faydasını artırmak: Uzun ve faydalı bir yaşam yeni ürün alternatiflerinin üretilmesini engeller. Dolayısıyla çevresel etkiyi azaltır. Ürünün ömrünün uzatılıp dayanıklılığının artırılabilmesi için;

- Ürünün yeniden kullanımını teşvik etmek
- Ürünün çabuk bozulmasına neden olacak ya da sıkça tamir gerektirecek zayıf noktaları belirlemek ve elimine etmeye çalışılmak

- Ürün kullanımı sırasında dayanıklılığını sağlayacak kalınlığı belirlemek ve uygun malzemeyi seçmek
- Modüler ürün tasarımında, kullanım esnasında, ihtiyaç duyulduğunda gerekli olan değişiklikler yapılabilme
- Kurulum ve bakımı kolaylaştırmak, zayıf parçaları emniyete almak için kolay sökülebilir olmak
- Tamir için yedek parçalar vermek ve kullanıcıların ürünü tanıyabilmeleri için ürünü oluşturan kısımların listesini oluşturmak

Atık yönetimini optimize etmek: Ürünün çevresel etkisini minimize etmek için, ürününü tümü veya büyük bir kısmının yeniden kullanılabilir ya da geri dönüşümlü olması arzu edilir. Bu amaçla tasarımda göz önünde bulundurulması gereken kriterleri şunlardır;

- Biyo çözümler ya da geri dönüşümlü malzemeler kullanmak
- Ürünün geri dönüşümünü kolaylaştırmak için mümkün olduğu kadar az sayıda malzeme kullanmak
- Boya, vernik, kaplama, kullanımı minimize etmek. (Çünkü bu tür ürünler malzemelerin geri dönüştürülmesini güçleştirir).
- Kolayca ayırıp, parçalamak (malzemenin geri dönüşüm ya da yeniden kullanım miktarını maksimum yapabilmek, zamandan ve maliyetten tasarruf edebilmek için gereklidir).

1.3.3. Çevreye duyarlı tasarım stratejilerinin seçimi

Çevreye duyarlı tasarım seçimi yapılırken, temel sorun ürüne en uygun stratejiyi belirleyebilmektir. Fletcher ve Goggin, çevreye duyarlı tasarım stratejilerini üç ana başlık altında toplamışlardır. Bunlar; Sonuç odaklı, ürün odaklı ve ihtiyaç odaklı stratejilerdir (Fletcher ve Goggin, 2001, s.16).

Ürün odaklı stratejilerin hedefi, ürünün kalitesini artırmaktır. Kalite, ürünün etkinliği artırılarak oluşturulur.

Sonuç odaklı stratejilerde firmayı hedeflediği sonuca ulaştıracak alternatif yollar denenir. Amaç en uygun stratejiyi geliştirmektir.

İhtiyaç odaklı olanlarda ise sistem, hizmet ve objelerle ihtiyaçların nasıl tatmin edileceğini araştırır.

Diğer taraftan Hemel (2002-1997) çevreye duyarlı tasarımlarda strateji seçimine rehberlik edecek 8 ana 33 alt değişken belirlemiştir. Bu sınıflandırmanın amacı, çevreye duyarlı tasarım sürecini kolaylaştırmak, ürünün çevresel etkisi ve belirlenecek stratejilerin karmaşıklığı ve kapsamı konusunda fikir vermektir (Hemel ve diğ., 2002, s.441).



Şekil 1.1: Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejisi Çarkı

Kaynak: Brezet and Van Hemmel, 1997.

Hemel çevreye duyarlı tasarım stratejileri çarkına hem 1997 de hem de 2002'deki çalışmalarında yer vermiştir. Değişiklikleri görme açısından birlikte ele alınan strateji çarkında, 2002 de düzenlenen daha anlaşılır şekilde ele alınmış, başlıklar sadeleştirilmiştir. Ana başlıkları; yeni konsept geliştirme, düşük etkili malzeme seçme, malzeme kullanımını azaltma, üretim tekniklerini optimize etme, dağıtım sistemini optimize etme, kullanım sırasında çevresel etkiyi azaltma, yaşam döneminin başlangıcını optimize etme ve yaşam döneminin sonunu optimize etme oluşturmaktadır. Kapsamlı ve karmaşık stratejilere

rehberlik eden, ilk 7 strateji, kısa dönemden orta vadeye kadar birbirini izleyen gelişmeleri yansıtır. Sonuncusu yani 8. ise, yeni geliştirilmiş bir kavramdır, uzun dönem yenilikçiliği gerektirir ve değişik ürün konseptlerinin karşılaştırmasını kolaylaştırır.

Tablo 1.1: Çevreye Duyarlı Tasarım Stratejileri ve Prensipleri

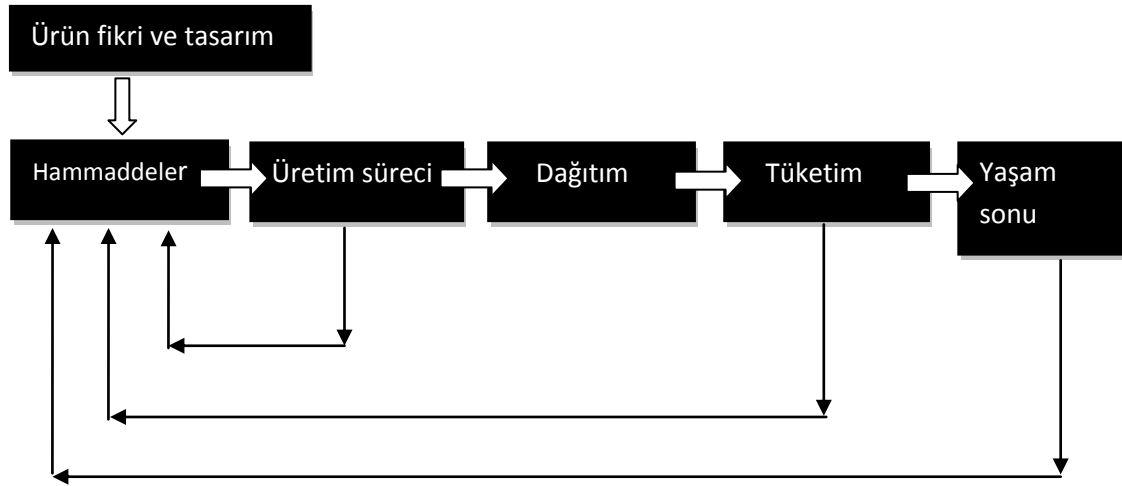
Çevreye duyarlı tasarım stratejileri	Çevreye duyarlı tasarım prensipleri
1. Düşük etkili malzeme seçimi	Temiz malzeme Yenilenebilir özellik taşıyan malzeme Geri dönüşümlü malzeme
2. Malzeme kullanımını azaltma	Ağırlığı azaltma Hacmi küçültme
3. Üretim tekniklerini optimize etme	Temiz üretim teknikleri Daha az üretim aşaması Düşük/Temiz enerji tüketimi Daha az üretim atığı Daha az ve temiz üretim
4. Dağıtım sisteminin optimizasyonu	Daha az ve yeniden kullanılabilir ambalaj Güçlü ve etkin ulaştırma yolları Güçlü ve etkin lojistik
5. Kullanım sırasında etkiyi azaltma	Düşük enerji tüketimi Temiz enerji kaynağı Az tüketim ihtiyacı Temiz tüketim Atığı olmayan güç ve tüketimi
6. Yaşam döneminin başlangıcını optimize etme	Yüksek güvenilirlik ve dayanıklılık Kolay kurulabilir ve tamir edilebilir Modüler/Adapte edilebilir ürün yapıları Klasik tasarım Güçlü ürün-kullanıcı ilişkisi
7. Yaşam döneminin sonunu optimize etme	Ürünün yeniden kullanımı Yeniden üretilebilirlik Geri dönüşümlü malzemeler Güvenilir şekilde yok ediş Atıkları güvenli şekilde kullanma
8. Yeni kavram geliştirme	Hizmet sağlamak için dönüşüm Ortaklaşa ürün kullanımı Fonksiyonların bütünleştirilmesi Fonksiyonel optimizasyon

Kaynak: Hemel, C.V., J. Kramer, 2002, s.441

1.4. Çevreye Duyarlı Tasarım Araçları

Ürün geliştirme sürecinde ‘bütünleşik çevresel düşünce’ çeşitli çevreye duyarlı tasarım metotlarının geliştirilmesine neden olmuştur (Luttrupp ve Langerstedt, 2006, s.1396).

Bütünleşik düşünme, hem çevresel değişikliklerin hem de ürün yaşam döngüsünün birlikte değerlendirilmesi ve aralarındaki etkileşimin ortaya konulması anlamına gelir. Çünkü firmalar ve sunumları, içerisinde yaşadıkları çevreden ayrı düşünülemez. Dolayısıyla birlikte değerlendirilip analiz edilmesi gerekir. Bu nedenle çevreye duyarlı tasarım projeleri oluşturulurken, tüm yaşam dönemi ile ilgili özel bilgilere ihtiyaç vardır şekil 1.2 de gösterildiği gibi ürün yaşam dönemi, ürün fikrinin araştırılmasından, uygun ürün fikrinin belirlenmesi, tasarımı, hammadde ve malzeme temini, üretim, tüketim ve yaşam döneminin sona ermesini kapsamaktadır (Maxwell ve Van Der Vorst, 2003, s.884).



Şekil 1.2: Ürün Yaşam Döngüsü Aşamaları

Kaynak: Maxwell ve diğ., 2003.

Şekil 1.2 den görüleceği üzere sürdürülebilirlik için yaşam döngüsü, dağıtım hariç her safhada söz konusudur. Ürün yaşam döneminin ilk safhasında ürün fikri oluşturulur, tasarlanır, fonksiyonel ve görsel özellikleri belirlenir, daha sonra ürün kavramı, ürünle ilgili tüm değişkenler, özelliklerine göre detaylandırılır. Bu detayları, ürünün maliyeti,

tüketici beklentilerine uygun ergonomik, fonksiyonel özellikler ve ürünün teknik özellikleri oluşturur (Gurauskiene ve Varzinskas, 2006, s 44).

Dağıtım, ürünün pazara ulaşması için aracı kuruluşlarla irtibata geçilmesidir. Tüketim ise ürün ya da hizmetlerin tüketiciler tarafından satın alınması ve elden çıkarılmasıdır.

Ürün ve hizmetlerde canlılar gibidir yaşamlarının bir sonu vardır. Bu süreç yaşam standartlarının yükselmesi, ekonomik ve sosyal kalkınma için gereklidir. Özellikle teknolojik alanda yüzyıl önceki ürün ve hizmetler hala kullanılıyor olsaydı bugün ki gelişmeler yakalanamazdı.

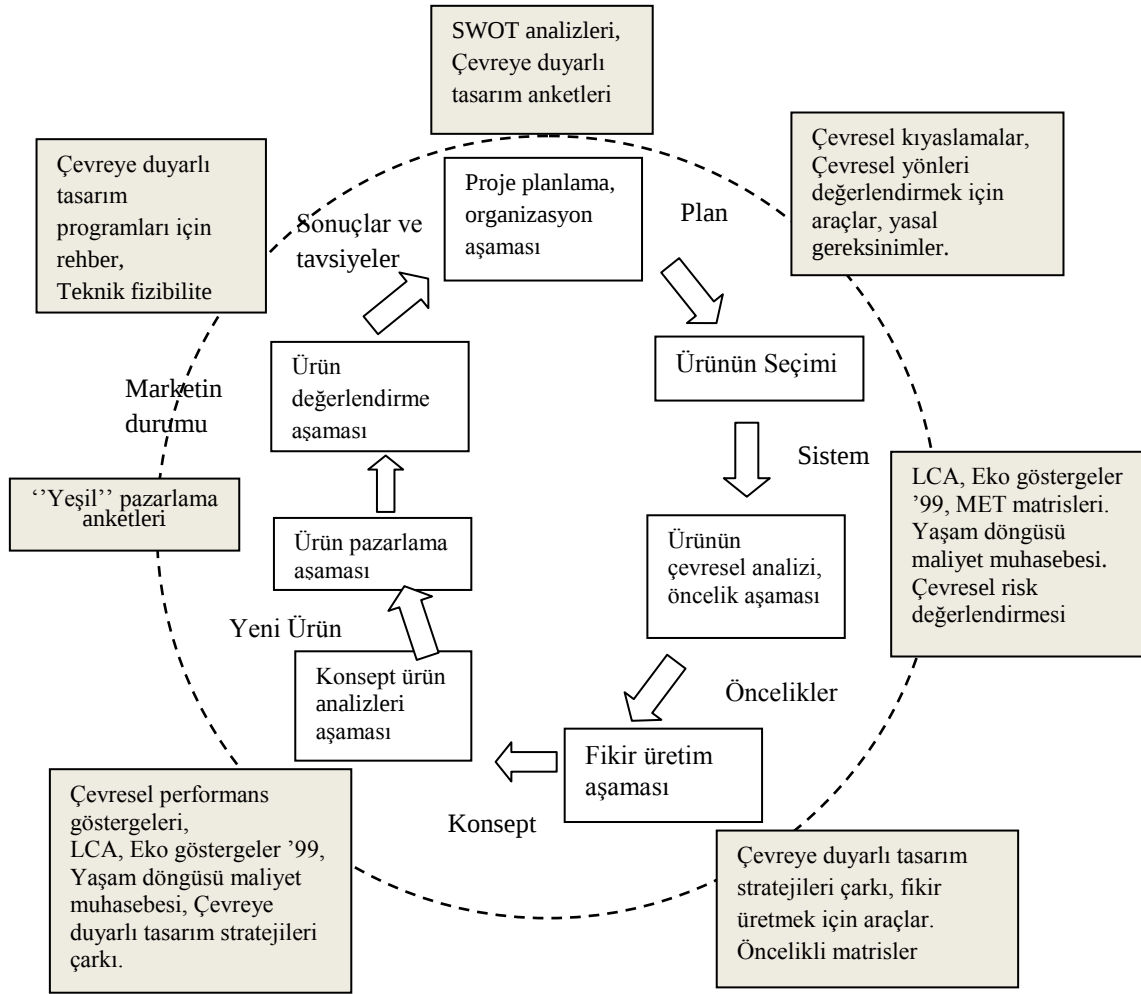
Ürün yaşam dönemi boyunca detaylar oluşturulurken kullanılan çevreye duyarlı tasarım metotlarının ortak amacı, ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerini ölçmek ve değerlendirmektir (Garuskiene ve diğ., 2006,s43).

Kullanılan araçlarla, ürünün fonksiyonelliğini muhafaza edip, çevresel değişkenlere odaklanarak yaşam dönemi boyunca çevreye olan etkisini nasıl azaltılacağı konusu üzerinde durulmaktadır.

Bu araçlar ürün oluşturulurken tasarımcılara yardımcı olması amacıyla geliştirilmiştir. Ürün geliştirme sürecinin başlangıcında ürünün çevresel özellikleri tanımlanmalıdır.

Çünkü ürünün kavramsal tasarımı sırasında fonksiyonel özellikleri ile çevresel konuların birleştirilmesi başarı yaratır. Ancak genellikle detaylı bilgi azdır ve her zaman bulunmaz. Buna karşılık kararların hızla verilmesi gerekir. Ancak tasarımcılar çevresel konularda fazlaca uzman değildirler ve zamana ihtiyaçları vardır. Tasarımcıların çevresel etkisi düşürme sürecinde çevreye duyarlı tasarım araçlarına ihtiyaçları vardır.

Çevresel ürün oluşturmak için çevresel ürün geliştirme sürecinin her safhasında farklı araçlar kullanılmaktadır. Bu araçların safhalara göre dağılımı şekil 1.3 de gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Çevresel Ürün Geliştirmek İçin Farklı Araçların Sistematik Kullanım Modeli

Kaynak: Gurauskiene ve diğ., 2006.

Burada temel problem, talepte radikal değişim olması ve üretim sisteminin yeniden düzenlenmesi durumunda sürdürülebilir çözümler üretmektir.

Çevreye duyarlı tasarım araçları araştırmacılar tarafından farklı şekillerde sistematize edilmiştir. Çoğunlukla sınıflandırmadaki farklılıklar, araştırmacıların alan ve sektörlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Örneğin tüketim malı üreten sektörler farklı, endüstriyel mal üreten sektörler farklı araçlar kullanmaktadır (Ehrenfield ve diğ., 2000, s.83).

Kullanılan bazı metotlar; firmalara, talebi dengelemeye ve değerlendirmeye, çevresel taleplere, firma imajına odaklanmıştır. Diğerleri ürün ve yeşil ürün üretme

konusunda tasarımcıların çabalarına odaklanmıştır. Çok sayıda çevreye duyarlı tasarım metodu geliştirilmiş olmasına rağmen endüstride kullanılabilir olanı çok azdır.

Örneğin Bauman, çevreye duyarlı tasarımlar ile ilgili 650 makaleyi incelemiş 150 araç tespit etmiş ve bunları 6 grupta toplamıştır. Sınıflandırma; (Gürakar, 2007, s.10)

- Çerçeveler
- Analitik araçlar
- Kontrol listesi (checklist)
- Yazılım ve uzmanlık sistemleri
- Ölçüm ve sıralama araçları
- Düzenleyici araçlar

Şeklindedir.

Başka bir sınıflandırmada üçlü ayırım yapılmıştır. Bunlar; (Nicholine, 2002, s.276)

- Kantitatif Yöntemler
- Matris Oluşturma Yöntemi
- Kontrol listesi (Checklist)

Çevreye duyarlı tasarım metotlarının bir başka sınıflandırması; kalitatif ve kantitatif metotlar şeklinde yapılmıştır (Gurauskienė ve diğ, 2006 s.46).

Tablo 1.2 Kalitatif ve Kantitatif Metotlar

Kalitatif Yöntemler	Kantitatif Yöntemler
Çevreye Duyarlı Tasarım Kontrol Listesi	Eko Belirleyici 99
Met Matrisi	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA)
Çevresel Risk Değerlendirmesi	Yaşam Döngüsü Maliyet Muhasebesi
Çevresel Kıyaslama	

Kaynak: Gurauskienė ve diğ, 2006.

Kantitatif yöntemler genellikle, detaylı bilgiye ihtiyaç duyulduğunda, mevcut ya da alternatif ürünleri yeni ürünle karşılaştırma ihtiyacı olduğunda kullanılır. Daha basit çevresel değerlendirmelerde kalitatif yöntemler kullanılır. Ancak unutulmamalı ki kalitatif veriler, rakamlar ve gerekli analizler olmaksızın başarılı olamaz (Gurauskiene vd.,2006, s46).

Bu çalışmada ayırım ve değerlendirme, metotların odak, amaç, fonksiyon, kalitatif ve kantitatif özelliklerine göre yapılmıştır.

Tablo 1.3: Çevreye Duyarlı Tasarım Metotları

Metot	Odak	Çevresel boyut/Amaç	Tasarım Sürecindeki kişiler	Tasarım sürecindeki zamanı	Fonksiyon	Kalitatif/ Kantitatif	Kaynak
MET	Ürün	• Malzeme odaklı listeleri yeniden düzenleme • Enerji • Zehirlilik	• Tasarımcılar • Deneyimli kişiler	Son dönem	Fonksiyonel birim	Kalitatif/ kantitatif	Brezet& Van Hemel (1997)
LCA(full)	Ürün	• Kaynaklar • Enerji • Yayma	Çevre uzmanları	Son dönem	Fonksiyonel birim	• Kalitatif/ • kantitatif • Karmaşık	Wenzel (1997)
MIPS	Ürün	• Kaynaklar	Tasarımcılar	Son dönem	Hizmet birimi	• Kantitatif • Basit	Schmidt-Bleek (1993)
Çevreye duyarlı tasarım stratejiler çarkı	Ürün	• 8stratejiyle kontrol listesini yeniden tasarlama • Fonksiyonları uygun hale getirmek • Kullanım aşamasındaki etkileri azaltma • Malzeme kullanımını azaltma • Doğru malzemeyi bulma • Yaşam dönemini en ideal hale getirme • Ürünü en ideal hale getirme • Yaşam döneminin sonunu optimize etmek • Dağıtımı en ideal hale getirme	Çok yönlü /fonksiyonlu ekip	Başlangıç	Stratejilerin birinde: Fonksiyonları en ideal hale getirme	• Kalitatif • Basit • Beyin fırtınası	Brezet& Van Hemel (1997)

Metot	Odak	Çevresel boyut/Amaç	Tasarım Sürecindeki kişiler	Tasarım Sürecindeki zamanı	Fonksiyon	Kalitatif/Kantitatif	Kaynak
EEA	Firma/Ürün	Çevresel özellikleri değerlendirerek kaynaklardaki hataları minimize etme ve belirleme	Çok yönlü /fonksiyonlu ekip	Başlangıç	Belirlenmeli	Kalitatif değerlendirme	Lindahl (2000)
Kontrol Listesi (Checklist)	Ürün	Üretim sürecinin başından sonuna kadar basit özeti	Tasarımcı	Listeye bağlı olarak başından sonuna kadar	-	Kalitatif/kantitatif	Bergendel et al(1995) Magnusson (1997)
Ürün kavramını tanımlama	Ürün	Yaşam döngüsü değerlendirme sürecinin önderliğinde çevre ile ilgili ürün özellikleri	Tasarımcı	Başlangıç	-	Kalitatif/kantitatif	Sousa (2000)
Çevresel tasarım stratejileri matrisi (ESDM)	Ürün	Çevresel tasarım stratejileri belirleme	Tasarımcı	Başlangıç	-	Kalitatif/kantitatif	Holloway (1997)
Yaşam dönemi tasarım yapısı matrisi (LC-DSM)	Ürün	Çevresel belirteçleri kullanarak çevresel sorunları belirleme	Tasarımcı	Başlangıç	-	Kalitatif veya kantitatif	Schlüter (2001)

Kaynak: Lagerstedt, J., 2004.

1.4.1. (MET) Malzeme enerji toksitesi;

Tasarımcılar için geliştirilmiş basit bir yöntemdir. Amaç, farklı stratejilerin kullanıldığı yaşam dönemi boyunca önemli çevresel problemleri teşhis etmektir. Çevresel problemlerin oluşabileceği kategoriler, malzeme döngüsü (M), enerji kullanımı (E), toksik

emisyona (T) dur. Yaşam dönemi boyunca oluşturulacak çevresel etki, sistematik haritalarla gösterilir. MET dört temel aşamada gerçekleştirilir (Lagerstedt, 2003,s160);

- Ürünün fonksiyonunun tartışılması
- Sistemin sınırlarının ve fonksiyonel özelliklerinin tanımlanması
- Matris oluşturacak şekilde ürün yaşam dönemi boyunca tüketilecek toksik madde, enerji ve malzemelerin listelenmesi
- Her aşamada sonuçların, çevre uzmanları ve tasarımcıların bilgilerine dayanılarak değerlendirilmesi ve gerekirse tamamlayıcı metotlarda kullanılması

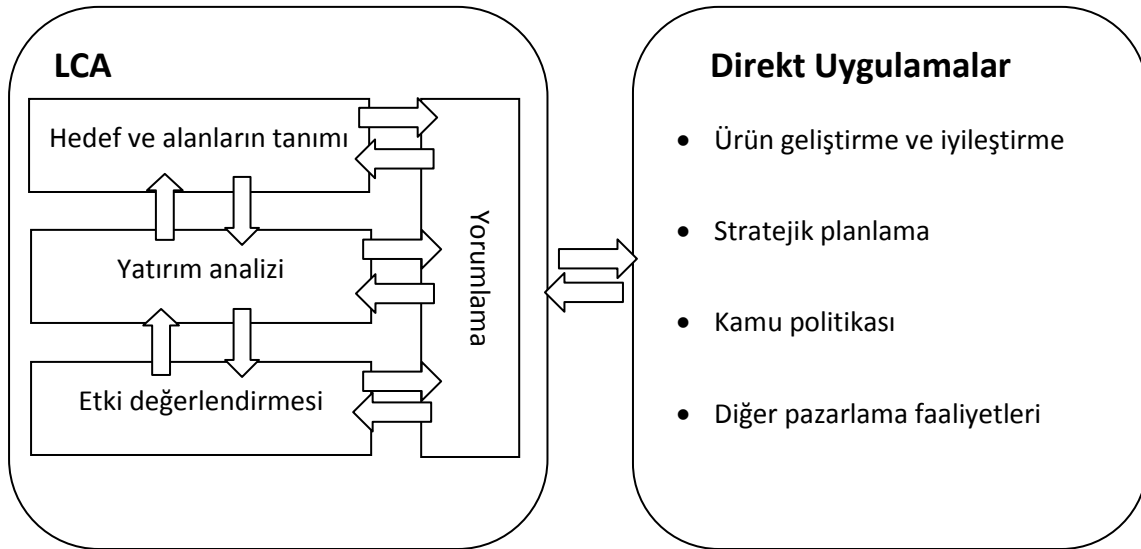
1.4.2. Yaşam döngüsü değerlendirmesi (Life Cycle Assessment)

En fazla kullanılan çevreye duyarlı tasarım yaklaşımıdır. Karmaşık çevresel problemleri çözmek için kullanılır. LCA ürün ve hizmetlerin yaşam dönemi boyunca çevresel performanslarına bütünsel bakış açısı oluşturmak için kullanılır (Puthenpurackal,2004, s20). Amaç, hammadde ve malzemenin bulunması, işlenmesi, üretimi, dağıtımı, kullanımı, geri dönüşümü ve son olarak atıkların yok edilmesi yada yeniden kullanımı da göz önünde bulundurularak, malzemelerin çevresel performanslarını belirlemektir (Topoyan, 2009, s.264).

LCA'nın temel karakteristikleri aşağıda ki gibi sıralanabilir; (Wirsberg,ve diğ., 2002, s277)

- LCA, belirlenen herhangi bir fonksiyonu sağlayacak farklı alternatifleri belirleyebilir. Böylece ürünün farklı çeşitlerinin çevre üzerindeki etkilerini karşılaştırabilir
- LCA "beşikten beşiğe" stratejisini takip eder. Bu hammadde ve malzemenin temin edilmesinden, atıkların yeniden kullanılmasına kadar tüm süreci genel olarak ele alma ve değerlendirme anlamına gelir
- LCA çevresel sorunlar ve bunlara müdahale konusunda duyarlıdır

- LCA da ki temel prensip fonksiyonel denklidir. Sistemler arasında mukayese yapar. Ancak mukayese sadece aynı hizmetleri sunan sistemler arasında yapılmalıdır
- LCA hem kalitatif hem de kantitatif sonuçlar verebilir. Kantitatif yönü yaşam döneminin problemleri safhalarını tanımlamak amacıyla kullanılır
- LCA'nın en belirgin özelliği kapsamlı olmasıdır. Tüm üretim sürecini ve çevresel konuları kapsar
- LCA'nın başarısı için önde gelen konulardan biri LCA'nın uygulama kodu belirlenmelidir



Şekil 1.4: LCA'nın ISO 14004 Göre Safhaları

Kaynak: Lagerstedt ve diğ., 2003, s.160

Şemadan görüleceği üzere, LCA 3 temel safhadan oluşmaktadır, bunlar; (Lagerstedt ve diğ., 2003, s.160).

Hedef belirleme, yaşam döngüsü envanterini çıkarma (yatırım analizi) yani kullanılacak malzeme ve enerjiyi belirleme ve yaşam döneminin etkisinin değerlendirilmesidir. Burada, yapılan yatırımların sistematik değerlendirmesi yani etki analizidir.

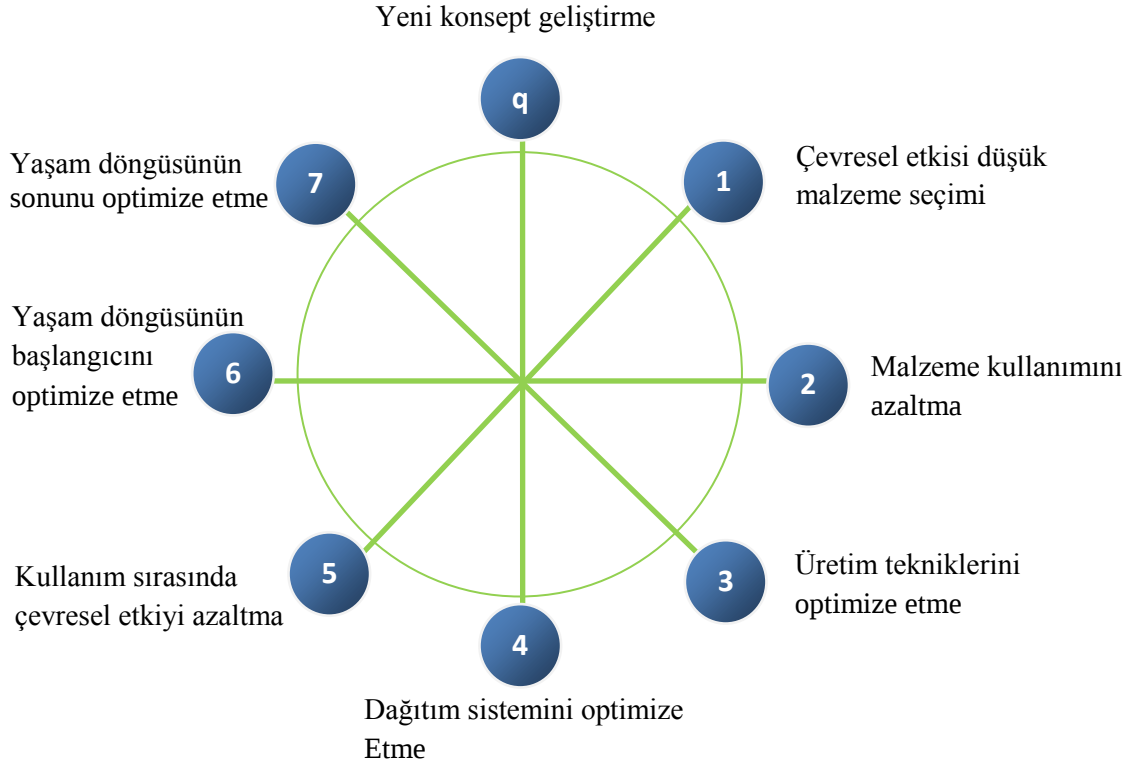
Amaç, çevresel gelişme fırsatlarını belirleyecek endüstriyel faaliyetlerin etkilerini tanımlayacak bilgileri, kararı verecek olanlara iletmektir. Böylece ürün yaşam dönemi boyunca oluşan atıklar, tüketilen enerji kaynaklarının ve malzemenin sayımı yapılır ve değerlendirilir (Lagerstedt ve diğ.,2003, s.160).

1.4.3. Ekolojik ağırlık (MIPS)

1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanan MIPS, toplam malzeme akışına odaklanır. Yaşam dönemi boyunca ilave edilen tüm malzemeler birlikte hesaplanır. Amaç, ürünün çevresel etkisinin ölçümünü sağlamaktır.

1.4.4. Eko strateji çarkı (Eco Wheel)

Eko strateji çarkı, takım üyelerinin bilgilerine dayandırılan, üründe çevresel gelişmeyi sağlayan sekiz stratejiyi içerir. Bu stratejiler beyin fırtınası toplantılarında fikir kaynağı ve bir kontrol listesi olarak kullanılır. Eko strateji çarkı kavramsal bir modeldir ve bunlar çevreye duyarlı tasarımın ilgilendiği alanların tümünü gösterir.



Şekil 1.5: Eko Strateji Çarkı, **Kaynak:** Guruskiene ve diğ., 2006.

Stratejilerin her biri karar verme değişkeni olarak formüle edilmiştir. Çarkın saat yönündeki hareketi sürecin başlangıcından sonuna kadar devam eden safhaları kapsar. Sadece son stratejinin diğerlerinden farklı yapısı vardır. Burası yeni ürün geliştirme konusunda mevcut ürün kapasitesini, fonksiyonel, doğal ve çevresel duyarlılığı olan ürüne dönüştürme konusunda yapılması gereken tartişmaları içerir (Gurauskienė ve diğ., 2006, s.46).

1.4.5. Çevresel etki analizi (EEA)

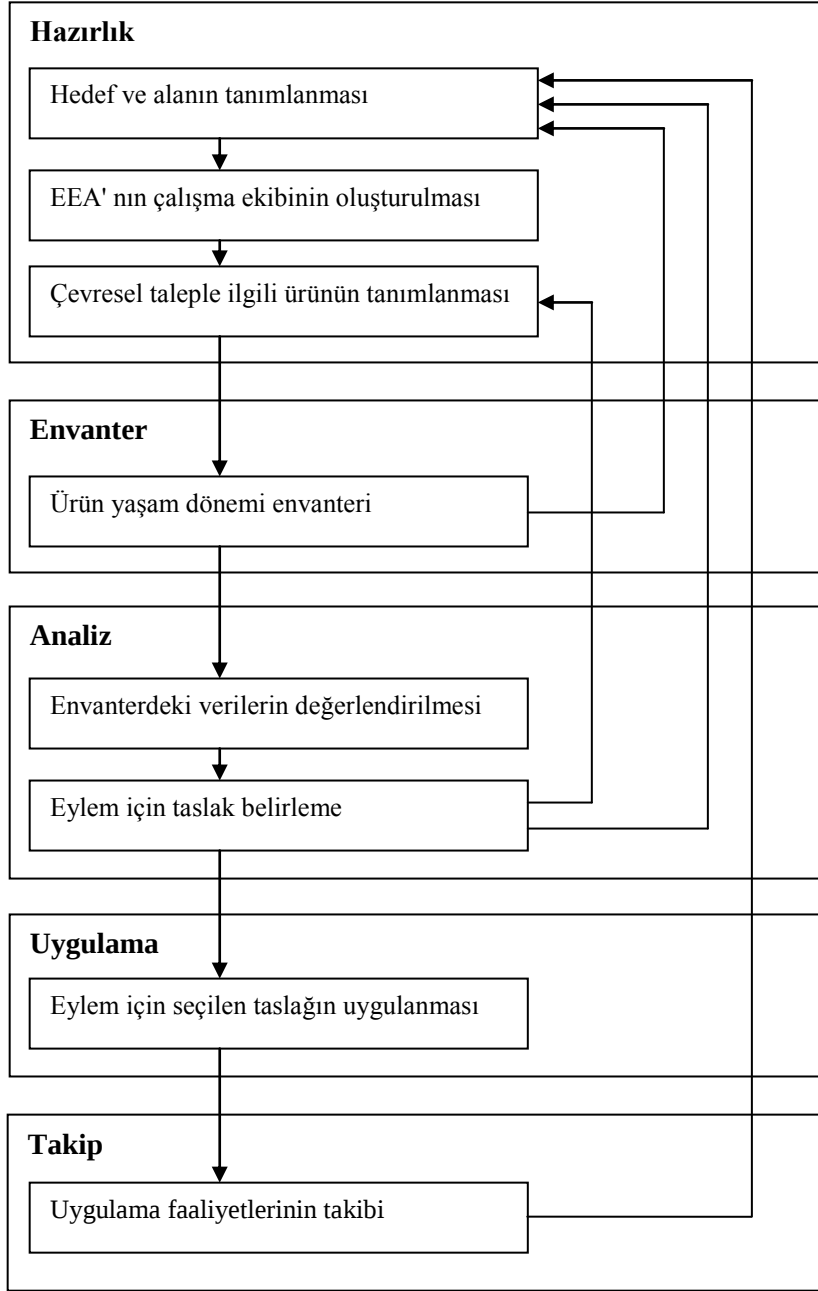
Bu analiz, problemler ortaya çıkmadan nlem almaya, dikkatli davranmaya ve hata kaynaklarını belirlemeye çalışır. EEA'nın hedefi ürün geliştirme sürecinin başlangıç safhasında ürünün çevresel etkilerini değerlendirmektir (Lagerstedt ve diğ., 2003, s.163).

Yine amaç mümkün olduğunca erken dönemde süreç ve malzemeleri değerlendirmektir. EEA ürünün çevresel koşullarına odaklanır çevresel değerlendirme, firmanın farklı bölümleri arasında gerçekleştirilmesi gereken takım çalışmasıdır. Metodun önemli avantajlarından birisi ürün geliştirme projesinin başlangıç safhasında kullanılmasıdır. EEA, aşağıdaki şartlarla karakterize edilebilir (Mattias 2001,s 864);

- rn yaşam döngüsünün başından sonuna kadar, sistematik olarak bir üretim sisteminin çevresel etkisi üzerinde çalışır
- Çevresel şartlara ve ihtiyaçlara dayanır
- Esnek bir metot dur
- Kalitatif bir metot dur
- Veri kaynaklarını ve varsayımları anlaşılır ve görünür şekilde değerlendirir
- Metot özellikle içsel kullanım ve ürün geliştirmede kullanılır
- Bu yöntemle iki teknik fonksiyonun birbirleriyle mukayese olanağı yoktur
- ISO 14001 e göre (**TS EN ISO 14001: 2004 evre Yönetim Sistemi zellikler ve Kullanım Kılavuzu**) evresel yönetim sisteminin bir parçası olabilir

EEA bir biriyle koordine edilmesi gereken birçok faaliyeti kapsar. Bunlar, n hazırlıklar, yatırım analizleri, uygulamalar, takip etmedir. Bunlar projelendirme sırasında planda bütünleştirilir.

EEA metodolojisi



Şekil 1.6: Çevresel Etki Analizi, **Kaynak:** Lindahl ve Diğ., 2000.

1.4.6. Kontrol listesi (CheckList)

Eko tasarım kontrol listesi metodu, ürün geliştirme sürecinde kullanılan bir yöntemdir. Ürünün çevresel performansını artırma amacı vardır. Ürüne bütünsel bir bakış açısı söz konusudur. Birçok farklı disiplinden (tasarımcı, mühendis, üretim mühendisi, pazarlamacı vb.) gelen uzmanların oluşturduğu takımla firma ortak bir dil

geliştirir. (Wimmer, 1998) Bu takımdan, süreçte kullanılacak uygun seti oluşturmak amacı ile bir liste hazırlamaları istenir. Ürün geliştirme sürecinin başlangıcında bu hazırlıklar yapılır. Hazırlanacak liste genellikle sektöre, üretim sistemine ve ürünün özelliklerine göre değişir. Liste genellikle çevreye duyarlı tasarım el kitaplarında bulunur. Bu kitaplar firmaların ürün tasarlarken, kaçınması ya da uyması gereken durumları sıralar. Örneğin malzeme ve enerji kullanımını minimize etme, ürünü modüler hale getirme, ürünü oluşturan parçaların sayısını azaltma, kimyasallardan kaçınma v.b konularda tavsiyelerde bulunur. El kitaplarında yer alan bu listeler daha önceki deneyimlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle oluşturulur. Ancak bu listelerde yer alan bilgi ve tavsiyeler geneldir ve uzman ekibin bu bilgileri kendi özellik şartlarına uyarlaması gerekir.

Örneğin Lutropp 10 altın pedagojik kural şeklinde firmalara rehberlik edecek hususları listelemiştir (Lutropp ve Lagerstedt, 2006, s1396). Bunlar;

- Zararlı maddelerin kullanımını sınırlamak ya da gerekli olanlar için zincirleme kontrol sistemi oluşturmak
- Üretimde kullanılan enerjiyi ve malzemesi minimize etmek ve temizlemek (Eğer ürün katlanabilir özelliğe sahipse, nakliye sırasında harcanacak enerji ve maliyetten tasarruf edilebilir. Örneğin İKEA bu konuda başarılı firmalardan biridir. Yine ISO14001, işlenebilir kimyasalların geri dönüşümünü, malzeme ya da ürünün yeniden kullanımın yaygınlaştırılmasını, ısıнын geri kazanımını atık miktar ve çeşidinin azaltılmasını tavsiye eder)
- Ürün ağırlığını minimize etmek için özellikli malzemeler kullanmak
- Ürünün kullanım safhasında tüketilen enerjiyi ve kaynakları minimize etmek
- Ürüne bağlı sistemleri ve özellikle kullanım ömrünü uzatmak için geliştirme ve tamiri ön plana çıkarmak
- Kullanım aşamasında ürüne uzun yaşam sağlanabilmesi için teşviklerde bulunmak
- Güçlü ve dayanıklı malzemelere yatırım yaparak ürünün dayanıklılığını artırmak
- Ürün ve malzemeyi erişilebilir kılma, modüler yapma, markalama ve bilgilendirme vasıtasıyla, geri dönüşüm ve geliştirme için hazırlık yapmak

- Geri dönüşüme engel olacak karışık malzeme kullanımından kaçınmak
- Mümkün olduğunca az element kullanımı akılcı geometrik çözümleri teşvik etmek

Kontrol listesinin grup (tasarımcı, mühendis, pazarlamacı vb.) tarafından belirlenmesi, kullanımı, geliştirilmesi faydalıdır ve etkilidir.

1.4.7. Ürün kavramını tanımlama

Sousa (Sousa ve diğ., 2000) tarafından geliştirilmiştir. Ürünün kavramsal tasarımı esnasında bilinen ve dikkat edilen, seçilmiş genel ürün özellikleri setidir. Tasarımcılar tarafından kolayca anlaşılacak ve ürünün çevresel performansı ile mantıklı ilişkiler kuracak şekilde düzenlenir.

1.4.8. Çevresel tasarım stratejileri geliştirme

Holloway (Holloway, 1997) çevresel tasarım stratejileri matrisini geliştirmiştir. Matriste, farklı yaşam dönemlerinde ürün karakteristiklerine bağlı olarak tasarım stratejileri belirlenir ve ürün sınıflandırma araçları kullanılarak ürün tanımlanır. Bunlar; Yaşam dönemi uzunluğu, enerji tüketimi, kaynak tüketimi, malzeme ihtiyacı, yapılandırma ve elden çıkarma sürecidir.

1.4.9. Yaşam döngüsü yapısı matrisi geliştirme

Bu metot basit çevresel göstergeleri, çevresel problemleri belirlemek için kullanılır. Metot geliştirilirken şu soruların cevabı aranır;

- Metot, önemli elementlerin ihmal edilme risklerini azaltabilir mi
- Firmanın piyasaya sürmeyi düşündüğü ürünle uyum sağlayabilir mi
- Tüm süreç geliştirilirken zamandan tasarruf sağlıyor mu
- Gerekli takdirde firma tarafından dışarıdan satın alınabilir mi

1.5. Çevreye Duyarlı Tasarım İçin Sürdürülebilirlik

Sanayi devrimi sonrası, toplumsal refahın artması yolunda yoğunlaşan çabalar, yığın üretim, artan nüfus, kaynakların aşırı kullanımına, artan insan atıklarına ve kirliliğe neden olmuştur. Doğal çevrenin tahribatı, tüm dünyada dengeleri bozmuş, mevcut tüketim kalıplarını sürdürülemez kılmıştır. (Üretim/işlemler yönetimi alanında yaşanan paradigmal değişimler kapsamında sürdürülebilir üretim (Aracıoğlu, 2010, s.149), 20. yüzyılın sonlarından itibaren daha sık gündeme gelen sürdürülebilirlik, sürdürülebilir gelişme, üretim tasarım gibi kavramlar, ihtiyaçların giderilmesinde süreklilik için hayati önem kazanmıştır (Topoyan, 2005, s.259). Sürdürülebilirlik, bir toplumun eko sistemin ya da sürekliliği olması gereken herhangi bir sistemin işlevini, kesintisiz bozulmadan veya sistemle hayati bağı olan ana kaynaklara aşırı yüklenmeden devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Sarıkaya ve Kara, 2007, s.222).

Bir başka tanımda, Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan "Ortak geleceğimiz" isimli yayında yapılmıştır. Buna göre sürdürülebilirlik hali hazır mevcut durumda gereksinimlerimiz karşılanırken, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yetisini koruyan gelişim olarak yapılmıştır (Topoyan, 2005, s. 261).

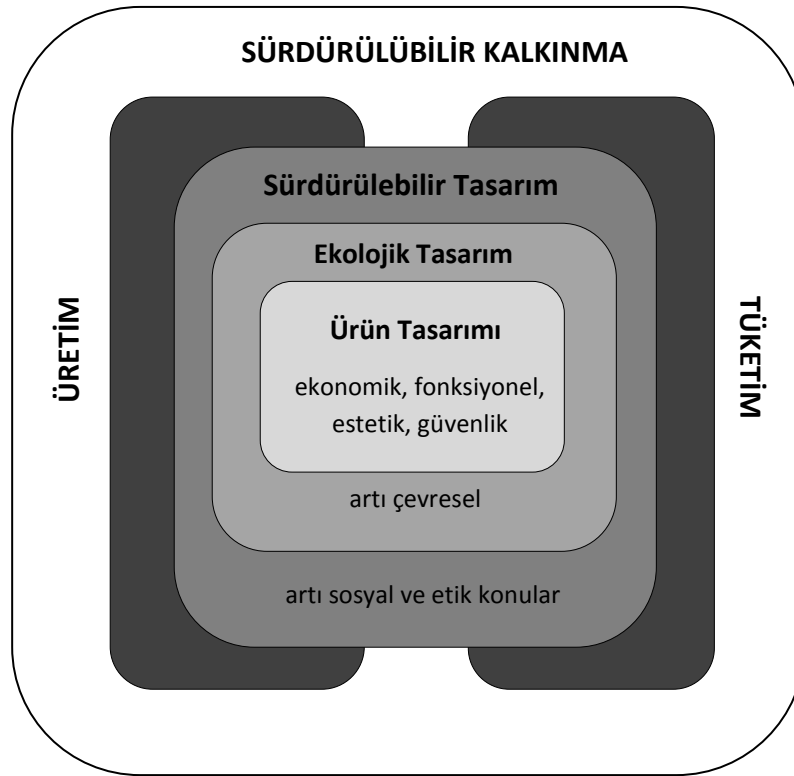
Tanımlar, yaşamın sürekliliği için her alanda taşınması gereken sorumluluğu (bireysel, sosyal, toplumsal) öne sürmektedir. Sürdürülebilir bir topluma yönelmek için, doğal sistemin ve insanın ciddi risk oluşturacak durumlardan kaçınması ve bu yolda temel değişikliklerin yapılmasıdır (Ttischner ve Carter, 2001, s.162).

Diğer taraftan sürdürülebilir gelişme, çevresel, ekonomik boyutların yanında sosyal ve etik konuları da kapsar. Sürdürebilir kalkınma kavramı iki bölümde değerlendirilebilir. Birinci bölümde ihtiyaçlar, ikinci bölümde ise çevrenin günümüzde ve gelecekteki talepleri karşılayabilme gücüne bakılır. Ancak bu konuda teknolojiden kaynaklanan sınırlamalar bulunmaktadır.

Diğer bir deyişle sürdürülebilir kalkınma, insan sağlığını ve doğal dengeyi koruyarak, sürekli kalkınmaya imkân verecek şekilde, doğal kaynakların akılcı kullanımını sağlamak ve gelecek nesillere yakışır bir doğal, fiziki ve sosyal bırakma yaklaşımıdır (Toprak, 2006, s.147).

Bu tür bir yaklaşım gelişmenin her safhasında çevresel, ekonomik, sosyal ve etik konuların birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Sürdürülebilir gelişme, toplum açısından düşünüldüğünde sosyal, ekonomik, kültürel ve etik açısından, doğal kaynaklar açısından ve ekolojik açıdan önem kazanmaktadır (Toprak, 2006, s.148).

Sürdürülebilirlik kavramı, ürün tasarımı açısından ele alındığında ise, tasarımın yukarıda verilmiş olan gereklilikleri karşılaması üzerine kurulmuştur. Sürdürülebilir ürün tasarımı, eko tasarım ve çevre için tasarım genellikle birbirine karıştırılır. Tanımlar açık değildir ve iyi bilinmemektedir.



Şekil 1.7: Sürdürülebilir Gelişme, **Kaynak:** Tischner U., M. Carter, 2001.

Şekil 1.7 de görüleceği üzere tasarım kapsamına göre sıralayacak olursak, birinci sırada ürün, ikincisi ekolojik ve üçüncüsü ise sürdürülebilir tasarım şeklindedir.

Her bir değişkeni sırasıyla ele alacak olursak;

Ürün tasarımı: Ürün tasarlanırken amaç, üreticilerin ve kullanıcıların beklentilerini karşılayacak kâr getirecek ürünler üretmektir. Tasarıma, kullanıcı ve ürün

ilişkisi şekil verir. Ürün tasarlama ve geliştirme, sürdürülebilir ürün üretme ve tüketme de önemli rol oynar. Yani, üretilecek ürünlerin, tüketici beklentilerini karşılayıp karşılayamayacağı, çevreye olumsuz etkilerinin ne düzeyde olacağı, üretim maliyetinin ne olacağı sorusunun cevapları büyük oranda tasarım aşamasında verilir (Topoyan, 2005, s.262). Ürün tasarlama ve geliştirme safhasında dikkate alınması gereken değişkenler şunlardır (Tischner ve Charter, 2001, s.121);

- Talep edilebilir bir ürün üretme
- Kullanıcıların gereksinimlerini karşılama
- Malzeme ve üretim teknolojilerini kullanma
- Ürün yaşam döngüsünü uzatma
- Ürün ayrıştırma ve geri dönüşümünü sağlamalıdır

Eko Tasarım ve Çevre için Tasarım: Ürün geliştirme ve tasarlamada çevresel duyarlılık anlamına gelmektedir. Fırsatları yakalamaya yardımcı olabilecek tasarım sürecinin geliştirilmesi ve planlanması sırasında çevresel değişkenleri de göz önünde bulunduran sistematik bir yaklaşımdır (Tischner, 2001, s.263).

Bu, teknik, uygunluk, ergonomi, güvenilirlik, güvenlik, kârlılık, fonksiyonellik, gibi klasik kriterlerin yanında çevresel etki yaratan (kirlilik, çevresel bozulma, ısınma, vb.) unsurların göz önünde bulundurulması anlamına gelir (Tischner, 2001, s.263).

Eko tasarım, ürün geliştirme ve tasarım faaliyeti vasıtasıyla, ekonomi ve ekolojiyi mükemmel bir şekilde ilişkilendirir. Hem eko tasarımın hem de çevresel tasarımın amacı, tüketicinin faydasını maksimize ederken, çevreye bağlı etkiyi (enerji tüketimi, kaynak kullanımı vb.) minimize etmektir. Bu amaç, ürün geliştirme sürecinin başlangıcında göz önünde bulundurulmaz ise, ürünün çevreye olumsuz etkisi fazla olur (Tischner ve Carter, 2001 s.124). Yapılan araştırmalar eko tasarım uygulayan işletmelerin, maliyetlerini düşürme, yenilikçi ürünler üretme konusunda ekolojik duyarlılığı düşük rakiplerden daha güvenli pazar pozisyonları yakaladıklarını ve başarılı olduklarını göstermektedir.

Sürdürülebilir Ürün Tasarımı: Çevreye duyarlı ürün tasarımı kavramının ötesine geçer ve sürdürülebilir gelişmenin prensiplerini kullanır. Ekonomik ve çevresel

değişkenleri, ürün yaşam döngüsünün etik ve sosyal yönleri ile bütünleştirir (Tischner, 2001, s.263).

“Sürdürülebilir ürün tasarımı” yeniden üretim, yeniden kullanım, ısı, enerji, katı atık, maliyet azaltılması, kolay montaj, geri dönüşüm gibi ortak özellikler yanında, ürün hizmet ilişkisini göz önünde tutar, bireyin fiziksel ürün ihtiyacını en aza indirmeyi hedefler.

Sürdürülebilir tasarım, ürün ve hizmetler oluşturulurken, göz önünde bulundurulması gereken sosyal, çevresel ve ekonomik denge ile ilgilidir. Sürdürülebilirlik için, bu üç özellik eko tasarım uygulandığında önem arz eder. Bunlar; (Tischner, 2001, s.263) çevresel, sosyal ve etik konular, yaşam döngüsü kavramı ve ürünün öz faydasıdır. Bu değişkenleri sırası ile ele alacak olursak; birincisinde çevresel sosyal ve etik değerlerin henüz ürün planlanırken üzerinde durulması gerektiğini vurgular. Çevresel faktörler, tüketici ihtiyaçlarının tatmini ve hedef pazarlara uygun ürün ve hizmetlerin sunulması sırasında önem arz eder. Ayrıca kârın artırılması ve maliyetlerden tasarruf edilmesi için çevresel faktörler değerlendirilmelidir. Firma yönetimi, pazarlama uzmanları ve strateji planlayıcıları bu süreçte önemli rol oynarlar.

Çevreye duyarlı tasarımın bir başka önemli özelliği, çevresel değişkenlerin tüm yaşam dönemi boyunca göz önünde bulundurmasıdır. Malzeme tüketimi, enerji kullanımı, kirlilik potansiyeli, atık vb. değişkenlerin çevresel etkilerini denetler.

Çevreye duyarlı tasarım projelerine başlamadan önce düşünülmesi gereken bir diğer konu, ürünün tüketicilerin beklediği faydayı sağlayıp sağlamayacağıdır. Burada, ürünün hangi fonksiyonlarının tüketici beklentilerini karşılayacağı, tüketicilerin fayda beklentilerine göre nasıl gruplanacağı ve ürünün nasıl kullanılacağı sorularına cevap aranır. Çünkü genellikle ürünün birden fazla faydası vardır ve bu fayda beklentilerine uygun farklı tasarımlar yapılması söz konusudur.

Sürdürülebilir tasarım için firmaların stratejilerini belirlerken sormaları gereken sorular şunlardır (Tischner ve Carter,2001 s.263);

- Sosyal ve çevresel performansımız ne düzeydedir

- Gelecekte hangi çevresel düzenlemeler olacaktır
- Hangi tip malzemeler çevre dostudur
- Hangi tip üretim teknikleri hem kazanç sağlar hem de çevresel etkiyi azaltır
- Hedef kitlemizin farkındalık düzeyi nedir
- Tedarikçilerimizin sosyal sorumluluk düzeyleri nedir

Günümüzde kendilerine bu soruları soran firmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Gruplar arasında (devlet, aracı, firma, kamuoyu grupları) çevresel ve sosyal bilinç giderek artmaktadır. Ayrıca çıkarılan yasalar da, firmaları sorumluluklar konusunda zorlamaktadır. Örneğin Nike, sürdürülebilirlik konusunda yöneticiler istihdam etmektedir, yine Sony çevresel ürün laboratuvarlarına sahiptir.

Uygulamada birbirine bağlı ve genellikle birlikte ele alınıp değerlendirilen bu sürdürülebilir ve çevreye duyarlı tasarım kavramının birçok faydası vardır. Bunlar; (Tischner ve Charter, 2001, s.366)

- Enerji ve malzeme tüketimini, atık ve kirliliği azaltarak tasarruf sağlar
- Firma ve ürünlerin imajını güçlendirir ve satışlarını artırır
- Yasalara uygun davranılarak, gelecekte olası gelişmeler tahmin edilerek, yasal baskıları ortadan kaldırır
- Yenilikçilik konusunda artan kapasite, geleceğe yatırım yapmasını kolaylaştırır, uzun dönemli strateji geliştirmesine olanak sağlar

Çevreye duyarlı tasarım ya da sürdürülebilir tasarım faaliyetleri aşağıdaki kararları kapsar. Bunlar;

- Ürün yaşam dönemi boyunca ortaya çıkabilecek sosyal ve çevresel problemleri araştırmak
- Bu problemleri çözmek için gerekli adımları planlamak ve hedefleri belirlemek
- Pilot projeler oluşturmak ve yürütmek
- Ürünle ilgili bilgi ve malzemeleri gereksinimlere uygulamak
- Sistemde yer alan gruplarla ilgili ortak riskleri belirlemek

- Daha önceki sürdürülebilir ve eko tasarım konusunda geliştirilen pilot projelerden kazanılan deneyimleri, sürdürülebilir gelişmeyi sağlayacak sistematik stratejiler geliştirmede kullanmak

Özet olarak sürdürülebilirlik ve çevreye duyarlı tasarım birbirini tamamlayan ve birlikte ele alınıp geliştirilecek stratejilerle değerlendirilmesi gereken iki değişkendir. Çünkü sürdürülebilir ürün tasarımı hem eko tasarım, hem de belirli amaçlara yönelik tasarımları birleştiren bir yapı ortaya koyar. İki yaklaşımın bir arada kullanılması, hem ürün ve hizmetlerin çevrede yaratacağı olumsuz etkilerin azaltılması, hem de ürün ve pazarla ilgili fırsatların değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır (Topoyan, 2005, s 262).

İKİNCİ BÖLÜM

ÇEVREYE DUYARLI MALZEMELER

2.1. Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Malzemenin Önemi

Çevreye duyarlı tasarımda, uygun stratejiler geliştirmenin anahtar değişkeni malzemedir. Doğru malzeme seçilmediği takdirde, çevreye duyarlı tasarım mümkün değildir. Temiz ve geri dönüşümlü malzemeler ürünün çevresel kalitesi için gereklidir. Yakın gelecekte de önemini koruyacaktır. Malzeme seçimi tasarım araştırmalarının en güçlü çevresel araçlarından birisidir.

Günümüz pazarlarında mevcut ürünlerin yenilenme hızlarının arttığını, bu gün popüler olan ürün, malzeme ya da içeriğin yarın kabul görmediğini görmekteyiz. Değişim baş döndürücü bir hızla gerçekleşmektedir. Bu süreç içerisinde yeni şeyler üretme, yenilik yapma ihtiyacı, doğru malzemenin kullanımı ve seçimini her zamankinden daha önemli hale getirmiştir. Ayrıca çevreye duyarlı tasarımda, uygun stratejiler geliştirmenin anahtar değişkeni malzemedir. Doğru malzeme seçilmediği takdirde, çevreye duyarlı tasarım mümkün değildir.

Bir başka problem tüm dünyada azalan kaynaklar ve oluşan ciddi çevresel sorunlardır. Geçmişte bu sorunlar genellikle belirli bir ürünün kullanımından etkilenen yerel sorunlardı. Günümüzdeki problemler daha karmaşık ve kapsamlıdır. Yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler ciddi çevresel etkilere ve sürdürülemez yaşam tarzına sebep olmuştur. Bu olumsuzlukların nedenleri; aşırı tüketim, bilinçsiz kaynak kullanımı, aşırı nüfus artışı ve yaratılan çevresel kirliliktir (Ljungberg,2007 s.468). Tüm bu gelişmeler çevreye etkiyi minimize edecek şekilde ürün tasarlama anlamına gelen çevreye duyarlı tasarım ve malzemeyi gündeme getirmiştir. Tasarımcılar maliyet ve performans gibi temel özelliklerden ödün vermeden, ürünün tüm yaşam dönemi boyunca çevreye en az zarar verecek malzemenin önemini kavramış ve bu tür malzemelerin arayışlarına girmişlerdir (Hesselbach ve diğ ,1997, s.134).

Ancak ekolojik ürün her zaman en iyi ürün anlamına gelmez. Günümüz tüketicileri için sadece fonksiyonellik (dayanıklılık, enerji kullanımı, güvenilirlik vb.) yeterli değildir (Lennart ve diğ., s.1074).

Örneğin birçok tüketici kol saatinden zamanı gösterme dışında başka faydalar bekler. Prestijli bir tüketici, pahalı malzemeyle yapılmış, özellikli tasarımı olan, sosyal sınıfını yansıtacak bir saat kullanmak ister. Aslında doğru zaman ölçümü çoğu tüketici için fazla önemli değildir. Dolayısıyla teknik açıdan mükemmeliyet, fayda beklentisi konusunda, çoğu zaman üst sıralarda yer almaz. Yapılan araştırmalar sadece teknik yönü iyi olan ürünlerin %91'nin başarısız olduğunu göstermektedir (Lennart ve diğ., s.1074). Başarısızlığın birçok nedeni olabilir. Ancak en önemli nedenlerinden biri, fonksiyonelliğin tek başına işe yaramamasıdır. Çünkü hemen her firma benzer fonksiyonel özellikleri sunmaktadır. Aynı pazar segmentinde yer alan otomobil ve beyaz eşya firmalarının ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini değerlendirecek olursak, benzer oldukları görülecektir. Bu nedenle günümüzde rekabet aracı olarak tasarım, imaj, prestij, farklılık yaratma ve satış sonrası servis vb. değişkenlerin kullanıldığı görülmektedir. Pazardaki bu değişim karşısında tasarımcılar da, malzemenin ve ürünün dokunulmaz (duygusal) karakteristiklerinin en az fonksiyonel özellikler kadar önem taşıdığını anladılar. Günümüz tasarımcıları artık şu soruların cevabı aramaktadırlar (Karana ve diğ., 2008, s.1084);

- Seçilen malzeme ürünün yansıtmak istediği imajı destekleyecek mi
- Seçilen malzeme hedef kitlenin beklentilerini karşılayacak mı
- Kullanılacak malzeme arzu edilen çağrışımları sağlayacak mı

Burada tasarımcının amacı, ürünü pazarda öne çıkaracak, rakiplerden anlamlı farklılıklar sağlayacak malzemeleri seçip kullanmaktır. Duygusal içerikli malzeme görselliği, imajı, kişiliği, kimliği, çağrışımı, kültürel boyutu olan malzeme anlamına gelmektedir. Bu değişkenler ürün ve malzemenin anlamına katkıda bulunur ve değer katar. İmaj, kişinin bir obje, bir ürün, bir marka, kişi ya da örgütlerle ilgili düşünceleridir (Okay, 2003, s.15). Tüketicinin ürün ya da malzeme ile ilgili algıladığı her şeydir. Ürün ya da malzeme ile ilgili imaj alıcının algılarıyla oluşur. Ürün ya da malzeme kişiliği ise, ürüne kişilik özellikleri yüklemektir. Burada ürün ya da malzemelerin insanlar gibi kişilik özelliklerine sahip oldukları varsayımından hareket edilir. Yaş, cinsiyet, sosyal ve

ekonomik sınıflar, çağdaş, dinamik, entelektüel, sempatik, duyarlı vb., kişilik özellikler ile ilişkilendirilir (Can, 2007, s.226). Malzeme kişiliği, bir marka ya da malzeme ile ilişkilendirilen özellik ve sıfatlar grubudur (ağırbaşlı, enerjik, eğlenceli, vb.) (Aksoy ve Özsomer, 2007, s.1). Bireyin kendi kişilik özelliklerine uygun ürünleri tercih etmesi, ürüne kişilik kazandırma amacının önemli bir nedenidir. Ürün ve firmaya farklılık sağlaması bir diğer avantajıdır. Kimlik ise, herhangi bir nesneyi belirlemeye yarayan, onu türdeşlerinden ayıran, özellikler bütünüdür (Öztürk, 2006, s.3). Ürün ya da malzemenin bir kimliği yoksa tüketici ya da kullanıcı gözünde yoksunuz demektir. Kimlik yaratma süreci, malzeme ya da ürünün doğru algılanmasına yön veren faaliyetler bütünüdür. Kimlik oluşturma zor bir iştir. Tasarım, stil, yaratıcılık ve uzmanlık ister. Çağrışım ise, zihinde ürün yada malzeme ile bağlantılı şeylerdir (Aaker, 1991, s.109). Zihinde ürün ya da malzeme ile ilgili özet bilgilerdir. Çağrışım, kimlik ve kişilik önemli stratejik planlama araçlarıdır. İmaj oluşmasında çok önemli etkileri vardır. Malzemenin kültürel boyutu ise, malzemelerin farklı kültürlerde nasıl algılandığıdır. Kültürel değerlere ters malzeme ve stratejiler fazla kabul görmez.

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki bireyler ürünleri sadece kullanıma yönelik işlevsel faydaları için değil, arzu ettikleri imajı yansıtmak amacı ile de tüketmektedir. Alıcının ürüne yüklediği anlam çok önemlidir. Duygusal fayda günümüzde tasarımcıların malzeme tercihlerinde, firmaların farklılaşmalarında kullandıkları önemli bir stratejik araçtır.

Çevreye duyarlı tasarım ve malzeme ürün ve malzemenin fonksiyonelliği kadar duygusal içeriğine de katkıda bulunur. Çevresel problemlerin artmasına paralel olarak çevresel bilincin arttığı günümüzde, doğaya ve çevreye duyarlı malzeme kullanmak, önemli farklılaştırıcı özelliktir. Dolayısıyla pazarlanabilir, başarılı bir ürün sunmak için, ürünün fonksiyonelliğine ve duygusal karakteristiğine önemli katkıda bulunacak ekolojik malzeme ve ürün düşüncesi tasarımcıların giderek daha fazla önem verip, odaklandıkları yaklaşım haline gelmiştir.

2.2. Malzemelerin Sınıflandırılması

Genel ayırımla malzemeleri 6 gruba ayırabiliriz. Bunlar; (Ljungberg, 2007, s.471) Metaller, seramikler, sentetikler, polimerler, kompozitler ve doğal malzemelerdir.

Yeniden eritilebilme özelliği ile metaller, geri dönüşümü kolay ve ucuz malzemelerdir. En önemli dezavantajları yoğunlukları ve ağırlıklarıdır. Bakır ve çelik yüksek ısıda eridikleri için enerjiye ihtiyaç duyarlar, ayrıca nakliyesi de enerji gerektirir. Çeliğin çürümeye dayanımı (korozyon) düşüktür. Malzemenin çürümeye dayanımı için az ya da çok miktarda toksik kimyasal, bakım ya da boya gereklidir.

Alüminyum ve birleşenleri, çürümeye oldukça dayanıklıdır ve aynı zamanda hafiftir ve geri dönüştürülebilme özelliği vardır.

Geleneksel seramiğin ham maddesi kildir, toksik değildir ve hafiftir. Geliştirilmiş seramikler ise karpit, oksit ve nitrit içerir. Özellikler yüksek ısıya dayanıklılığı yoktur ve kırılmandır. Seramiklerde geri dönüşüm nadiren yapılır çünkü ezme, öğütme ve yeniden yakma ihtiyacı vardır. Bütün bu çabalar, ham maddeden seramik üretmekten daha maliyetlidir ve daha fazla enerji gerektirir. Geliştirilmiş seramik malzemelerin çevresel etkileri yüksektir. (ihtiva ettiği toksik bileşenlerden dolayı)

Sentetik polimerler genellikle ham petrolden yapılan plastik ve kauçuk gibi malzemeler olduğu gibi birçok polimerde ağaç gibi doğal malzemelerden yapılır. Ancak polimer ham petrolden yapılmışsa yenilenemez, eritmek sureti ile geri dönüşümü sağlanabilir. Teflon gibi halojen ihtiva eden bazı polimerler, polivinil klorit ihtiva eder ve yandığında dumanı zararlıdır. Birçok termoplastik polimer için düşük eritme ısısı tavsiye edilir. Polimerlerin geri dönüşümlü olma özelliği olup olmadığının tayininde polimerin türüne bakılmalıdır.

Doğal malzemeler ikiye ayrılır doğal organikler ve doğal inorganikler doğal organik olan ahşap ya da pamuk her zaman değişik formlarda kullanılan popüler malzemelerdir, geri dönüşümü kolayca sağlanabilir (enerji geri dönüşümü şeklinde). Bu malzemelere karbondioksit ve su şekil verir. Doğal malzemeler yandığında havadaki karbondioksit miktarı artmaz, çünkü açığa çıkan karbondioksit büyümekte olan ağaç ve

bitkiler tarafından havadan emilerek depolanır. Doğal inorganik malzemelere ise taşlar ve kayalar örnek gösterilebilir ya da sentetik seramiğe oldukça benzer olan çeşitli mineraller.

Kompozitler son yılların popüler malzemelerinden birisidir. Özellikle plastik reçine ile karıştırılmış seramik lifleri ile şekil alır. Kompozitler genellikle geri dönüştürülmez çünkü ürünü oluşturmakta kullanılan farklı malzemeleri ayırtmak güçtür.

Tablodan 2.1 de görüleceği üzere doğal malzemeler ve polimerler geri dönüşümlü yenilenebilir ham maddelerdir. Sürdürülebilirlik açısından seramikler, bazı metaller, doğal malzemeler ve polimerler uygun görülmektedir. Ham petrole dayalı polimerler ise dikkatli kullanılmalı, geri dönüşüm şansı zayıf olan malzemeler ise (kompozitler) sınırlı kullanılmalıdır.

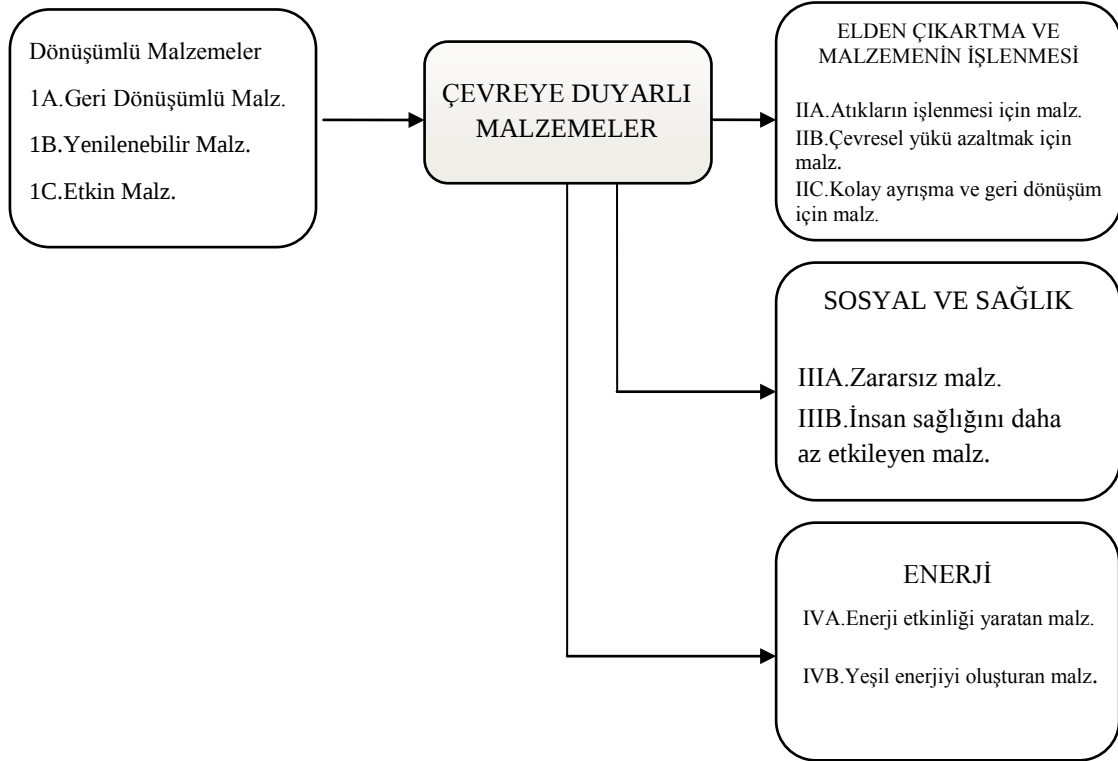
Malzeme grupları	Malzeme üzerinde örnekler	Avantajlar	Dezavantajlar	Sürdürülebilirlik sınıflandırması
Metaller	Çelik (Fe + C) Aluminyum Bronz (e.g., Cu + Sn)	Dayanıklı ve güçlü Kolay şekil alır Ucuz	İşlemek için pahalı Korozyona karşı hassas	Kolay geri dönüştürülebilir (Yeniden kalıplama) 2-3
Seramikler	Sentetik malzemeler: Porselen (Kil) Mineralli Cam Al ₂ O ₃ , Si ₃ N ₄ , SiC, v.s	Zehirsiz Hafif Sağlam ve sert Korozyona dayanıklı Yüksek sıcaklığa mukavim	Kırılgan Fırınlama sürecinde yüksek işleme maliyeti Yük altında gerilim mukavemeti yoktur	Depolama için uygun (zehirsiz) Yeniden eritme için uygun fakat maliyetli 2-3
Sentetik polimerler	Termoplastikler (örn., PE, PS, PC, PP) İki bileşenli polimerler (Örn., epoksi) Kauçuk (Örn., İzopren)	Zehirsiz Hafif Ucuz ve kolay şekillendirilebilir Geri dönüşümü kolay (örn., Eritme veya yakma)	Bazı durumlarda yakıldığında çok zehirli Yüksek ısılara karşı hassas	Genellikle yenilenemez Eritilmesi ve yakımı kolay 1-3
Natürel organik malzemeler	Ahşap Pamuk İpek	Yenilenebilir Hafif Ucuz ve kolay şekillenebilir Geri dönüştürülebilir	Kolayca deforme olur Dayanıklı değildir Emdirildiği zaman zehirlidir	Geri dönüştürülebilir Yenilenebilir 2-3
Natürel inorganik malzemeler	Taş Mineraller	Zehirsiz Sağlam ve sert Korozyona dayanıklı Yüksek sıcaklığa mukavim	Kırılgan Yüksek işleme maliyeti Yük altında gerilim mukavemeti yoktur	Depolama için uygun (zehirsiz) Yeniden eritme için uygun fakat maliyetli 3
Kompozitler	Karıştırılmış mineraller, örn. Polistiren + Cam elyaf, Cu + W-fiber, kauçuk + tekstil fiber, asfalt (yağ + taş), Ahşap polimer Kompozit (WPC)	Malzemelerin kullanımını optimize eder Genellikle hafif ve güçlü	Üretim genellikle maliyetli Çok çeşitli özellikler için çok çeşitli kompozit malzemeler	Karışık malzemeler için ayırma sorunları nedeniyle genellikle düşük sürdürülebilirlik. 1-2

Tablo 2.1: Sürdürülebilirlik, Avantaj ve Dezavantajları Açısından Malzemeler

Kaynak: Lennart.Y,ve diğ., 2007

2.2.1. Çevreye duyarlı malzemelerin sınıflandırılması

Çevreye duyarlı malzemenin en önemli özelliği sürdürülebilir olmasıdır. Sürdürülebilirliğin dört temel prensibine göre malzemeyi sınıflandırabiliriz. Bunlar, dönüşümlü malzemeler, ekolojik ve çevreyi koruyan malzemeler, toplum ve insan sağlığını koruyan malzemeler, kaynak ve fonksiyon kriterlerine dayalı enerji malzemeleri şeklinde sıralanabilir. Bu dört kategori on alt kategoriye ayrılabilir. Bu alt kategorileri örnek malzemeleriyle açıklayacak olursak (Nguyen ve diğ., 2005, s.124);



Şekil 2.1: Eko Malzemeleri Sınıflandırma Modeli

Kategoriler	Örnekler
I.A Geri dönüşümlü malzemeler	Eko çimento, kömür, kül konsantrasyon, atıklardan yapılmış seramik bardaklar, geri dönüşümlü plastikler, silikat gübre, marine block.
I.B Yenilenebilir malzemeler	Ahşap seramik, ahşap temelli malzeme, toprak seramik, bitkilerden yapılmış biyolojik olarak çözünebilen plastik
I.C Etkinlik için malzemeler	Atığı azaltan malzeme, aşınmaya dayanıklı malzeme, prepaint malzeme ve alaşım
II.A Atıkları işleyen malzemeler	Gaz yayımını sona erdirecek zarlar, iyon değişimi yapan reçineler, mikrobiyal enzimler, petrolü absorbe edici malzemeler ve yağı ortadan kaldıran malzemeler
II.B Kolay çözülebilen ve geri dönüşebilen malzemeler	Biyolojik olarak parçalanabilen plastik fonksiyonluğu derecelendirilebilen malzeme, asbest yerine renkli çimento
II.C Zararsız malzemeler	Kurşunsuz lehim, halojensiz alev geciktiriciler, krom içermeyen çelik, poliestersiz ağır metaller
III.A İnsan sağlığına olumsuz etkisi azaltılmış malzemeler	Vibrasyonu önleyen çelik levha, sese dayanıklı paneller
III.B Anti bakteriyel kaplı malzemeler	Ortopedi ve beyin ameliyatları için, kemik kremi
IV.A Enerji etkinliği için malzemeler	Çok hafif çelik, Al-Mg hafif ağırlıklı alaşım, türbinler için ısıya dayanıklı alaşım, yüksek manyetik etkili çelik levhalar, yüksek endotermik çelikler, krom barındırmayan bakır, ev tipi enerji tasarrufu için ısıyı yansıtan filmler

Tablo 2.2: Ekolojik Malzeme Örnekleri

Kaynak: Nowosielski ve diğ., 2007.

Bunlar;

- Geri dönüşümlü malzemelerdir. Eko çimento, kömür kül konsantrasyonu, atıklardan yapılmış seramik bardaklar, geri dönüşümlü plastik, silikat gübre bu gruba örnek olarak gösterilebilir.
- Yenilenebilir malzemedir. Ahşap seramik, toprak seramik, sebzelerden yapılmış biyolojik olarak parçalanabilen plastik örnek verilebilir.
- Etkinliği artıran malzemedir. Bunlar atığı azaltan malzemeler, aşınmaya dayanıklı metaller ve alaşımlar, boyanmış çelik ve alaşımlardır.
- Dönüşümü ve yok edilmesi kolay malzemelerdir. Biyo çözünür plastikler, fonksiyonlarına göre derecelendirilebilir malzemeler, renkli çimento kaplama çatı ürünleridir.
- Zararsız malzemedir. Bunlar, kurşunsuz lehim, halojensiz alev geciktiriciler, doğal plastik, krom ihtiva etmeyen çelik, polyestersiz ağır metaller.
- İnsan sağlığına olumsuz etkiyi azaltan malzemelerdir. Bunlar, vibrasyonu önleyen çelik levha, sese dayanıklı paneller, anti bakteriyel kaplı malzemeler, ameliyatlar için kemik kremleridir.
- Enerji etkinliği sağlayan malzemedir. Bunlar çok hafif çelik, Al-Mg alaşımı, tribünler için ısıya dayanıklı alaşım, krom barındırmayan fiberler, yüksek endotermik çelikler vb. dir.
- Yeşil enerjili malzemelerdir. Bunlar, solar hücreler için yüksek dereceli silikonlar, termoelektrik dönüşümlü malzemeler, şeffaf camlar, güneş piller için dayanıklı balmumu camlar.
- Atıkları işleyen malzemelerdir. Bunlar, gaz yayımını durduran membranlar, iyon değişim yapan reçineler, mikrobiyal enzimler, Petrolü absorbe eden malzemelerdir.
- Çevrenin yükünü azaltan malzemelerdir. Buna katalistler, petrol hücreleri için biyolojik zarlı malzemeler, karbon-fiber kompozitler örnek verilebilir

2.2.2. Çevreye duyarlı malzeme örnekleri

Çevreye duyarlı malzemeler özellikleri, aralarındaki ilişki ve çevreyi iyileştirmedeki rolüne göre üç kategoriye ayrılabilir (Hong ve diğ., 2003, s.706-709);

- Çevreyi koruma özelliği olan malzemeler. Çevresel problemleri gidermek amacıyla malzeme özellikleri optimize edilmektedir
- Düşük emisyon sistemlerini destekleyen malzemeler. Çevreyle uyumlu sistemleri destekleyecek özellikteki malzemelerdir
- Sosyal sistemle dost bir çevre için stratejik ikame malzemeleri. Bu malzemeler ürüne özellik kazandır. Ancak toplum çevresel etkisi düşük malzemeleri tercih etmektedir

Özet olarak çevreye duyarlı malzemenin yukarıda belirtilen üç özelliği bünyesinde barındırması gerekmektedir. Bu özellikleri taşıyan **yeni nesil** malzemelere örnek olarak aşağıdakiler verilmiştir (Nguyen, ve diğ., 2005, s.127).

Eko Çimento (yapıştırıcı): Hammadde ikamesi olarak belediyenin atıkları kullanılarak imal edilir. Eko çimento belediyenin topladığı evsel atıklardan elde edilir. Bunlar, yanmış kül ve lağım çamurudur (sulu çamur). Günümüz pazarlarında ekolojik çimentonun payı %50 dir. Portland çimento ise sanayide kullanılan büyük çapta organik maddelerden (kil, kum, demir cevheri) üretilen malzemedir.

Tablo 2.3: Eko Çimento ve Portland Çimentodaki Hammaddeler

Hammadde	Portland Çimento	Ekolojik Çimento
Kireç Taşı	%78	%52
Yanmış Kül	-	%38
Lağım Çamuru	-	%9
Kil	%16	-
Silika Kumu	%4	-
Demir Kaynağı	%2	-
Sodyum Karbonat	-	%1

Eko çimento kullanımının iki faydası vardır, birincisi yenilenebilir özelliği olmayan hammadde çıkarımını azaltır. İkicisi çevreye atıkların yayılmasını önler. Eko çimento kullanımı sonucunda yaşam dönemi değerlendirildiğinde;

CO₂ salınımı %50 azaldığı, enerji tüketimi %89 azaldığı ve metre kare başına depolamadan 30.000 yen tasarruf edildiği görülmektedir (Nguyen ve diğ. 2005, s.127).

Sentetik Ahşap (M-WOOD2): Sentetik ahşap, ağaç yongalarıyla çeşitli plastik tiplerinin (polivinil klorid, polipropilen) karıştırılmasıyla oluşturulmuş sentetik bir ahşaptır. Ahşap bileşenli ürünün, yaklaşık, %25-30'u plastik atıklardır.

Sentetik ahşabın üretimi herhangi bir VOC (Volatile Organik Compounds) üretimi gibi değildir. Bu, uçucu organik bileşendir ve kaynağı özellikle boyalarda kullanılan tinerler ve bazı petrol türevleridir. Özellikle toprak su ve hava kirliliğine neden olur. İnsan sağlığına olumsuz etkisi vardır. Sentetik ahşapta %100 geri dönüşümlü malzemeler kullanılır. Yine safhalar test edilirken bu ahşap türünün 10 defa karakteristiğini kaybetmeden geri dönüştürülebildiği tespit edilmiştir. Bu ahşap türü, normal ahşapla

mukayese edildiğinde çok üstün özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Bunlar; sürecin kolaylığı, malzemenin hafifliği, doğal rengi, desenidir. Sentetik ahşabın diğer özellikleri şöyle sıralanabilir;

- Suya dayanıklıdır
- Hava şartlarına (nem, güneş ışığı, rutubet vb.) dayanıklıdır
- Isıya dayanıklıdır
- Aşınmaya dayanıklıdır

Kaplanmış çelik levha (zam): Çinko, alüminyum, magnezyum bileşenidir. Paslanmaya dayanıklı, sıcak daldırma ile kaplanmış çelik levhalardır. Paslanmaya dayanıklılığı, magnezyum-çinko ve magnezyumlu çinko-alüminyumla sağlanır. Paslanmaya dayanıklılığı, geleneksel çelik levhalardan 10 ya da 20 kat daha fazladır. Malzemenin bu özelliği ürünün yaşam dönemini uzatır. Ayrıca enerji tasarrufu sağlar, kaynakları korur ve atıkların azaltılmasına katkıda bulunur. Ayrıca malzeme şekil aldıktan sonra astar yapmaya gerek olmadığı için çevreyi korumaya katkıda bulunur.

Seramik filtre (ceracat tm): Bu malzeme seramik petek filtredir. Kurulması işleyişi basit malzemedir. Kullanılabilirlik oranı yüksek, güç tüketimi düşüktür. Dolayısıyla enerji tüketimini büyük ölçüde azaltır. Gaz temizleme ve ısı tasarrufunda kullanılır. Hücre yapısına ve kullanılan malzeme göre çeşitli fonksiyonlar yürütebilir. Bunlar yüksek ısılı ortamlarda kullanılabilir. Özellikle dizel otomobillerde mazot yanınca açığa çıkan partikülleri azaltma fonksiyonu çok önemlidir.

Fitokatalist kaplama malzemesi (folium): FOLIUM bir kaplama malzemesidir (titanyum dioksit fitokatalist kaplama malzemesidir). Bunlar binaların iç ve dış duvarlarında, şeffaf camlarda ve otomobil gövdesinde, yollarda kullanılır. Bu malzeme ultraviyole radyasyonuna maruz kalan atmosferde, gaz ve formaldehit konsantrasyonunu azaltarak çevreyi korumaya yardımcı olan titanyum oksit ihtiva eder. Buna ilaveten kullanılan titanyumdioksit, stafilokoküs gibi bakterilerin bulaşmasını dramatik olarak azaltır. Bir diğer etkisi kirden korumasıdır. Filmle kapladığı yüzey temiz kalır.

Toyota süper olefin polimer (tsop): Bu malzeme aracın ağırlığını azaltmaktadır. Güvenlikten ödün vermeden çelik ve plastiğin yerini almıştır. Otomobilin tamponları ve iç kısmı günümüzde plastikten yapılmaktadır. Toyota firması laboratuvar araştırmaları sonucunda TSOP' üretmiştir. Bu malzemenin geri dönüşümü mükemmeldir. Firma öncelikle, TSOP' otomobil tamponları için kullanmıştır.

TSOP, esaslı polipropilen olan karışım malzemelerindendir ve günümüzde Toyota firması bu malzemeyi hem iç hem de dış aksamda geniş bir şekilde kullanmaktadır.

Uçucucu organik bileşenler: Bu yapıştırıcılar, çevre ve insana zararlı olan diğer VOC'lardan bağımsızdır, çünkü zararlı olanlar, hasta bina sendromu denilen formaldehit, yanıcı hidrokarbür, ksilen ihtiva ederler. Bu malzeme iki alanda kullanılır. Bunlar, film montajı ve odun ve kâğıt yapıştırmak içindir. Bu malzeme çok özelliklidir. Pazarda bilinen geleneksel ürünlerden daha dayanıklıdır.

Kemik kremi (bone-cream): Kemik kremi, medikal alanda kullanılan, yüksek düzeyde işlenebilen apatit hidroksit kemik malzemesidir. Bu malzeme insan dokusuna zararı olmayan, insan dokusuna biyo uyumlu bir malzemedir. İşlenebilir bu malzeme, spesifik bölgelerde etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu krem özellikle beyin ameliyatlarında ve ortopedik ameliyatlarda kullanılmaktadır.

Çok hafif çelik (otomobiller için): Otomobiller için kullanılan hafif çelik malzemedir. Japon otomotiv endüstrisinde, ekolojik otomobiller için biyo plastik ve demir ihtiva etmeyen, çelik içeren eko malzemeler geliştirilmiştir. Yapılan araştırmalar otomobilin ağırlığında %10'luk bir azalmanın yakıtın etkinliğinde %10-12'lik bir gelişme sağladığını göstermektedir. Otomobilin tüm yaşam dönemi boyunca yakıt kullanımında etkinlik oranı %75-80 dir.

Tüm bu malzemeler araçların güvenliklerinde herhangi bir azaltmaya sebep olmamaktadır. Bunu yüksek düzeyde gerilmeye ve darbeye dayanıklılığa sahip, hafif çelikler sayesinde başarmaktadırlar.

Hidrojeni absorbe eden alaşım: Hidrojeni absorbe eden alaşımın geçmişi eskidir. Bunlar: NiFe, MgNi, ve LaNi5 alaşımlarıdır. Bu alaşımlar yaklaşık olarak kendi hacimlerinin bin katı hidrojeni absorbe edebilme gücüne sahiptir. Bu malzemeleri firmalar, buzdolabı sistemlerinde, notebooklarda kullanmaktadır. Ayrıca elektrik ve elektronik şirketleri tarafından da kullanılmaktadır.

2.3. Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Malzeme Seçimi

rnler genelde birden fazla malzemededen yapılır. Bir malzeme ürünün yaşam dönemi boyunca farklı safhalardan geçer. Bunlar, malzeme çıkarımı, üretim, ürünün kullanımı ve elden ıkarılmadır. Bütün bu safhaların yarattığı çevresel etki farklıdır, çünkü bu safhaların her birinde sürece dâhil olan malzemeler farklıdır. Bu nedenle bir ürün için kullanılacak malzemenin seçimi hayati öneme sahiptir. Ürünün retimi ve kullanımı için gerekli olan enerji kadar, doğal kaynak miktarı da önem taşır. Sosyal sisteme, çevreye dost, emisyonu düşük malzemeler seçilmeye çalışılmalıdır.

Yenilenebilir malzemeler, doğada kısa zamanda şekil alabilir. Çevreye ya çok az etkisi vardır ya da hiç yoktur. Eğer bir ağaç üretimde kullanılırsa yerine yeni bir ağaç dikilebilir ya da ağaç yakılırsa oluşum kl, mineral ve gübre ihtiva ettiği için diğer ağaç ve fidanlar için besin kaynağı olur. Bu yenilenebilir malzemenin yaşam döngüsü demektir (Yüksel, 2008, s.39).

Geleneksel bakış açısında malzemenin, fiyatı, dayanıklılığı, ısı istikrarı, yoğunluğu, dayanıklılığı gibi, özellikleri teknik açıdan değerlendirilir. Ancak günümüzde başarılı bir ürün geliştirmenin gereklilikleri değişmiştir. Teknik ve fiziksel özellikler yanında, isim, moda, kültürel özellikler gibi duygusal değişkenlerin önemi artmıştır. Yani ürünün kimliği, kişiliği özellikle ruhu önem kazanmıştır. İçerisinde duygusal değerleri barındırmayan ürünler tüketicisi için bir anlam taşımamaktadır. Dolayısıyla kullanılacak malzeme günümüzde eskiden olduğundan çok daha önemlidir (Lennart ve Ljungberg, 2007, s.471).

Malzeme seçimi karmaşık bir süreçtir. Örneğin sentetik malzemelerden yapılmış olan bir giysiye kullanmak, temizlemek kolaydır. Buna karşılık doğal malzemelerden yapılan giysileri kullanmak ve muhafaza etmek zordur. Ancak kullanımdaki sıkıntılarına

rağmen doğal malzemeler yarattığı duygudan dolayı daha popülerdir. Ayrıca ürünlerin malzeme seçiminde ekonomik faktörler, pazar talebi ve çevresel faktörlerin etkileri önemlidir. Ekonomik faktör, malzemenin maliyeti ve bitmiş mal içindeki payıdır. Maliyet değerlendirmeleri malzemenin ürün için taşıdığı öneme, alternatifinin olup olmadığına, pazarda oluşturmak istediğimiz imaja göre değişir. Örneğin pahalı bir ürün için tercih farklı, ucuz için farklı olacaktır. Malzeme seçimi yapılırken elbette pazar talebi önemli bir faktördür. Talep edilmeyecek bir ürünü kimse üretmek istemez. Dolayısıyla seçilecek malzemenin günün trendlerine uygun popüler olmasında fayda vardır. Çevresel faktörler ise çevreye duyarlı tasarımın en önemli değişkenidir. Amaç çevreye en az zarar verecek malzemenin seçilmesidir (Almeida, 2010, s.32).

Malzeme seçimi yapılırken odaklanılması gereken bir başka değişken ise pazarın özellikleri ve tüketici talepleridir. Üst segment ürünler için malzeme seçimi yapılırken; (Ljungberg, 2007, s.473)

- Genellikle doğal ya da geliştirilmiş malzemeler kullanılmaktadır
- Sentetik polimer gibi ucuz malzemelerin kullanımından kaçınılmalı bunun yerine plastiğin pahalı ve geliştirilmiş versiyonları kullanılmalıdır
- Seramik malzemeler kullanılabilir
- Taklit ya da kopya malzemeler kabul görmemektedir
- Doğal organik ya da inorganik malzemeler popülerdir
- Ucuz malzemeler, ileri üretim teknikleri ile kalite yükseltimi yapılıyor ise kullanılabilir

Unutulmamalıdır ki her dönemde pazarda popüler olan ürünler farklıdır. Örneğin açık ya da koyu ahşap kullanımı dönemseldir. Mutfaklarda popüler olan tencerelerin malzemeleri geçmişten günümüze, toprak, bakır, alüminyum, çelik, cam, seramik şeklinde bir seyir izlemiştir.

Çevreye duyarlı malzeme seçiminde öncelikle ürün yaşam döneminin hangi safhasında çevresel etkinin yüksek olduğu sorusu sorulmalıdır. Ana amaç çevresel etkiyi minimize edecek malzeme seçimi yapmaktır. Bunun için ürünün yaşam dönemi safhaları ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir. Bu safhalar; malzeme üretimi, ürün üretimi, kullanımı ve elden

çıkarmadır (Ashby ve diğ., 2007, s.479). Bu safhaların her biri için gerekli enerji tüketimi tablo 2.4 de gösterilmiştir.

Tablo 2.4: Yaşam Dönemi Boyunca Enerji Kullanımı

Malzeme Üretimi	Ürün Üretimi	Ürün Kullanımı	Ürünün Elden Çıkarılması
Ünite başına enerji kullanımını minimize etme	Minimum enerji kullanımını araştırma	Minimum ağırlıkta tasarım	Geri dönüşümlü malzeme seçme
Ünite başına CO2 salınımını minimize etme	Minimum emisyon sürecini araştırma	Minimum ısı kaybıyla tasarım	Biyo çözünür malzeme kullanma
Ünite başına reaksiyonu hızlandıran kimyasal maddeleri minimize etme	Minimum atık sürecini araştırma	Minimum elektrik kaybıyla tasarım	Toksik malzeme kullanmama

Kaynak: Ashby ve diğ., 2007

Tabloda gösterilen dört safhanın hangisinde çevresel etkinin yüksek olacağı, kullanılan malzemeye ve nihai ürüne göre değişir. Bazı ürünlerin üretim, bazılarında ise elden çıkarma safhasında fazla enerji kullanılır. Bu safhaların her birini sırasıyla ele alacak olursak;

Malzeme Üretim Safhası: Tasarımcı, malzemenin üretim safhasında diğer safhalara oranla daha fazla enerji kullanıldığını düşünüyorsa, öncelikle bu safhayı dikkate almalıdır. Örneğin büyük binalarda, köprü ve yollarda malzeme yoğun kullanılır. Bu nedenle malzemenin oluşum enerjisi, en önemli taahhüttür. Mühendisler ve mimarlar, binaları inşa ederken termal enerjisi kadar oluşum enerjisini de dikkate almalıdırlar.

Ürün Üretim Safhası: Üretim safhası ürüne nihai şeklinin verildiği safhadır. Amaç mevcut girdilerle değerli bir ürün yaratmaktır. Değerli ürün hem talebi olan hem de çevresel endişe yaratmayan ürün anlamına gelmektedir. Ürün üretme safhasında enerji

tasarrufu çok önemlidir. Üretim aşamasında toksik atıklar, emisyonlar öncelikle göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum özellikle yerel şartlara bağlıdır. Temiz üretim çok önemlidir.

Kullanım Safhası: Kullanılacak malzemenin kullanım safhasındaki ekolojik etkisi, malzemenin oluşum enerjisi ile ilişkilidir. Kullanılacak enerji mekanik, termal, elektriksel etkinliğe bağlıdır. Etkinlik arttıkça enerji kullanımı azalır. Örneğin otomobilde yakıt etkinliği aracın ağırlığına bağlıdır. Araç ne kadar ağırsa yakıt kullanımı o kadar fazla olur. Günümüzde çoğu otomobil firmalarının hedefi daha hafif, performansı yüksek otomobil üretmektir. Yine buzdolapları veya ısıtma sistemlerinde enerji etkinliği ısı askıları (heat flux) vasıtasıyla sağlanır. Hedef ısı iletkenliğini minimize etmektir.

Ürünün Elden Çıkarılma Safhası: Ürün yaşam döneminin son safhasıdır. Bu safhada yapılması gerekenler şöyle sıralanabilir;

- Toprağın, havanın, suyun uzun dönemde tahribatına yol açacak ağır metal, organometalik bileşenlerden (ki bunlar toksik özellik taşır) kaçınmak
- Geri dönüşümü gerçekleştirmek zor olsa bile, olabildiğince kullanılacak malzemelerin geri dönüşümünü maksimize edecek yolları araştırmak,
- Biyo çözünür malzemeleri kullanmayı tercih etmek
- Yasalarla sınırlandırılan ve doğaya zarar veren gömme işlemini uygulamamak için mümkün olduğunca fito ve biyo çözünür malzemeleri tercih etmektir

2.3.1. Çevreye duyarlı malzemenin seçiminde aşamalar

Çevreye duyarlı malzeme seçimine rehberlik eden kavramsal model şekil 2.2’de gösterilmiştir. Dört adım yaklaşımı da denilen bu süreçte öncelikle ürün tipi tanımlanır, daha sonra sırasıyla eko malzeme bilgileri toplanır, ürün için gerekli olan malzemeler tanımlanır ve malzeme seçimi yapılır. Aşamaları sırasıyla ele alacak olursak (Henrik, 2002, s.101).

Ürün tipinin belirlenmesi; eko malzeme seçiminde ilk adım tüm yaşam dönemini göz önünde bulundurarak ürün tipini tanımlamaktır. Literatürde ürünler tiplerine göre dört genel gruba (A,B,C,D) ayrılmaktadır.

A tipi ürün, malzeme ağırlıklıdır ve kısa bir yaşam aralığına sahiptir. Tek kullanımlık ambalajlı ürünler bu grubun tipik örneğidir. B tipi ürünler nispeten daha uzun yaşam dönemi olan ve üretim (teknoloji) ağırlıklı ürünlerdir. Notebooklar, dijital kameralar bu grubun en güzel örnekleridir. C tipi ürünlerin yaşam dönemleri uzundur. Kullanım sırasında enerji ya da kaynak tüketirler. Bunlara otomobiller, çamaşır makineleri örnek gösterilebilir. D tipi olanlar ise, elden çıkarma özelliği olan, yaşam dönemi sonu özelliği olan ürünlerdir. Bunlara çözünebilir bebek bezleri, Ni-Cd pilleri örnek verilebilir. Doğru ürün tipinin tanımlanması malzeme seçiminde hayati öneme sahiptir. Bir uygulama için uygun olan malzeme diğeri için olmayabilir. Örneğin gerilmeye dayanıklı çelik, yaşam dönemi kısa olan B tipi ürünler için uygun değildir. Yine biyo ayrışır malzeme olan polimerleri yapı malzemesi olarak kullanmak uygun değildir. Yenilenebilir malzemeler A tipi ürünler için uygundur. Hafif ve kopmaya mukavemeti yüksek çelikler C tipi ürünler için kullanılmalıdır. Biyo çözünür ve geri dönüşümlü malzemeler D tipi ürünlerde kullanılmalıdır.

Çevreye duyarlı malzeme bilgisinin toplanması; sürecin ikinci aşamasıdır. Bu safhada mümkün olduğunca fazla bilgi toplanmalıdır. Eko malzeme bilgileri sosyal ekonomik ve çevresel özellikleri kapsamalıdır. Bilgilerin araştırılması tasarımcılara eko malzeme geliştirme aşamalarını öğretecektir. Bu durum tasarımcıların sürdürülebilirliğe yönelmelerine neden olacaktır.

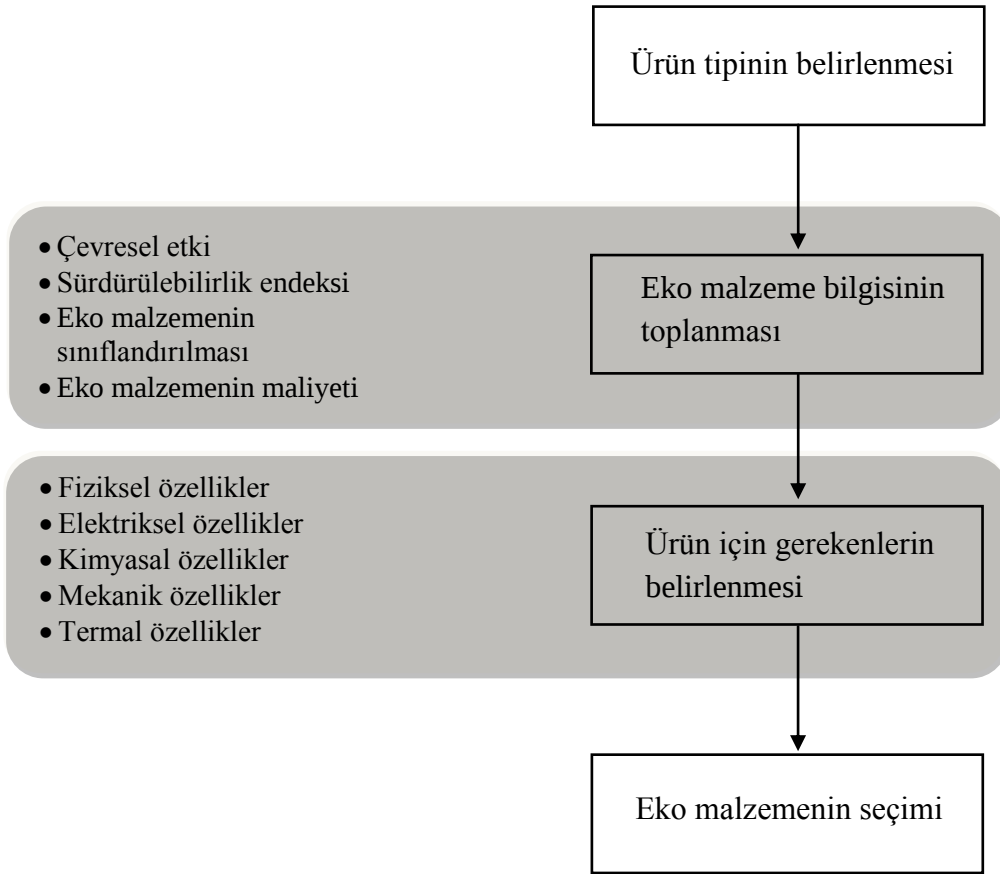
Ayrıca malzemelerin etkinlikleri çeşitli analitik yöntemlerle değerlendirilmelidir. Yukarıdaki bilgilere ilaveten malzemenin, sosyal ve ekonomik yanını ortaya koyan bilgiler de toplanmalıdır. Malzeme seçiminde en önemli konulardan birisi de malzemenin piyasa fiyatı ve maliyetidir. Çünkü ürün pazarın beklentilerinin çok üstünde maliyet ve fiyata sahip olursa satılması mümkün değildir.

Ürün için gerekli olan malzemelerin tanımlanması; aşamasında beş temel özellik dikkate alınır. Bunlar mekanik, fiziksel, elektriksel, termal ve kimyasal özelliklerdir.

Bunlarla ilgili bilgiler İDEMAT, MATWEB, (<http://www.idemat.nl/>, <http://www.matweb.com/>) gibi kaynaklardan, literatürden, el kitaplarından, firma kaynaklarından elde edilebilir. Her bir malzemenin nispi önemi üretilecek ürüne bağlıdır.

Malzemenin farklı sınıfları farklı özelliğe sahiptir. Örneğin metaller yüksek sertliğe, güce ve dayanıklılığa sahipken, polimerlerin yoğunlukları ve dayanıklılıkları düşüktür.

Çevreye duyarlı malzemenin seçimi aşaması; son adımdır. Bu safhada eko malzemeler seçilir ve değerlendirilir. Amaç ürün tasarlanırken gerekli malzeme ihtiyacını optimize etmektir. Malzeme seçimi farklı şekillerde yapılabilir. Ancak prensipler benzerdir. Malzeme seçimini motive eden değişkenler ise; yeni tasarım, gelişmeler, çevresel talep, malzemenin tedarik problemi ve dağıtımı, pazar talebi, üretim için yeni metotların kullanılmasıdır.



Şekil 2.2: Eko Malzeme Seçiminde Dört Adım Analizi

Kaynak: Robert, 2002

2.3.2. Çevreye duyarlı malzemelerin seçiminde etkili olan faktörler

21.yy modern toplumlarının en önemli göstergelerinden biri malzeme kullanımındaki artıştır. Bu yüzyılda hem malzeme kullanım miktarı hem de çeşidi artmıştır. Bunun nedeni tüm dünyada artan talep ve yükselen beklentilerdir. Malzeme, tasarımda çok önemli rol oynar. Tasarıma ruh ve kişilik kazandırır (Deng ve Edwards, 2007, s.131). Pazarlanabilir sunumlar yapmak amacıyla doğal ya da yapay olarak üretilmiş maddelere malzeme denir. Bir başka ifade ile üretim yapmak için kullanılan her türlü araç ve gerece malzeme denir (Fındık, 2010, s.177).

Günümüz pazarlarında metal, seramik, kompozit, plastik vb. 160000 çeşit malzemedan bahsedilmektedir. Pazardaki bu malzeme bolluğu karşısında tasarımcılar için önemli sorun, doğru malzemeyi doğru yerde doğru maliyetle kullanabilmektir. Doğru malzeme seçimi tasarımın temelini oluşturur (Ashby ve Johnson, 2009, s.56). Çünkü hatalı seçilen her malzeme beklentilere cevap vermeyen zayıf, maliyetli ürünlerin üretilmesine neden olmaktadır. Malzeme seçimi uzun ve pahalı bir süreçtir. Genellikle üretilmesi planlanan bir ürün için birden fazla malzeme uygun olabilir. Dolayısıyla nihai seçim her bir malzemenin avantaj ve dezavantajlarına göre yapılır.

Malzeme seçiminde birçok faktör etkilidir. Bunların teknik, ekonomik, sosyal ve duygusal boyutu vardır (Karana,2010,272). Malzeme seçiminde etkili olan faktörlerin sayısı ve kapsamı geçmişten günümüze farklılık göstermektedir. Sayı ve kapsam giderek artmıştır. Ölçülebilir somut değişkenlere soyut kavramlar ilave edilmiştir. Literatürde yer alan sınıflandırmaları tarihsel sırasına göre ele alacak olursak (Karana ve diğ., 2008, s.1083).

1960'lı yıllarda malzeme seçiminde genellikle üç temel ihtiyaca odaklanılmıştır. Bunlar hizmet, üretim ve ekonomi ihtiyacıdır. Hizmet malzeme seçiminde öncelikle dikkate alınması gereken değişkendir. Bunlar, sağlamlık, dayanıklılık, vb.dir. Üretim konusunda dikkat edilmesi gereken, malzemenin üretilebilir olması, diğer malzemelerle birleşebilme ve şekil alma özelliğinin olmasıdır. Ayrıca malzemenin uygun maliyeti olmalıdır (Patton, 1975, s.394).

1980'li yıllarda malzeme seçiminde etkili olan faktörler yine üç grupta değerlendirilmiştir. Bunlar üretim, maliyet ve bakım ihtiyacıdır. Araştırmacılara göre malzeme seçiminde birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Ürünün fonksiyonel değeri, şekil alma yeteneği (makinede işlenebilme, döküm, kaynak yapılabilme vb.) önemlidir. Yine bu gruplara göre malzeme seçiminde en önemli sınırlayıcı faktör maliyettir (Esin, 1981, s.538).

1990'lı yıllarda malzeme seçiminde etkili olan faktörlerin sayısı ve kapsamı artmıştır. Değerlendirmeye alınan değişkenler şunlardır: Fiziksel özellikler (malzemenin ergime noktası, yoğunluğu, nem ihtivası, gözeneği, yüzey dokusu vb.). Kimyasal özellikler (çürümeye dayanıklılık, çözünürlük vb.). Termal özellikler (ısıyı ayarlama, ısıya dayanıklılık vb.). Elektriksel özellikler (iletkenlik, elektrik yüklemeye dayanıklılık vb.). Akustik özellikler (malzemenin sese reaksiyonu). Optik özelliklerdir (malzemenin ışığa reaksiyonu) (Lindback ve Wygant, 1995, s.352).

Yine bu yıllarda bir başka gruplama; fiziksel, kimyasal, mekanik, boyutsal faktörler şeklindedir. Bunun diğer yaklaşımlardan farkı boyutsal faktörün ilave edilmesidir. Boyutsal özellik, malzeme seçiminde elde edilebilirliğin, ölçü, şekil, mükemmeliyet ve tolerans gibi değişkenlerin göz önünde bulundurulması anlamına gelir (Budinski, 1996, s.642).

2000'li yıllarda araştırmacılar malzeme seçimini etkileyen altı faktör tanımlamışlardır. Bunlar; fiziksel, mekanik, üretilebilirlik, bileşenlerin yaşam dönemi, maliyeti, elde edilebilirliği, standartlara ve yasalara uygunluğudur. Araştırmacılar malzemenin yaşam dönemini; paslanma, oksitlenme, yıpranma, esneme ve yorgunluk açısından değerlendirmiştir. Doksanlı yıllara kadar tasarımcılar malzeme seçiminde etkili olan faktörleri tanımlarken çevresel konuları fazlaca dikkate almamışlardır. Çevresel problemler tüm dünyanın gündemine oturunca tasarımcılar da malzeme seçim kriteri olarak çevresel değişkenleri kullanmaya başlamışlardır.

Malzeme literatürünün öncülerinden olan Ashby, seçimde önemli olan faktörleri; genel (yoğunluk, fiyat), mekanik, termal, elektriksel, optik, ekolojik özellikler ve çevresel dayanıklılık şeklinde sıralamıştır. Daha sonra bu sınıflandırmayı farklılaştırarak genel,

teknik ekolojik, estetik özellikler şeklinde gruplamıştır. Öne çıkan farklılık malzemenin ekolojik özelliği, malzemenin çevreye etkisinin dikkate alınmasıdır. Estetik ise, malzemenin duygusal karakteristiklerinden biridir. Yatkınlık, yumuşaklık, görsellik içerir. Araştırmacı malzemede olması gereken iki önemli özelliği tanımlamıştır. Bunlar (Ashby ve Johnson, 2009, s.28);

- Malzemenin teknik özelliklere sahip olması
- Malzemenin kişilik sahibi olması (ürüne değer katması)

Son yıllarda tasarımda malzeme seçimindeki en önemli gelişme, bilinen teknik özelliklere, bazı dokunulmaz özelliklerin ilave edilmesidir. Bunlar, estetik, algı, imaj gibi duygusal boyutlu değişkenlerdir ve tüketicinin duygusal tepkileriyle yakından ilişkilidir.

Sonuç olarak 1960'lı yıllardan günümüze malzeme seçim stratejilerini incelediğimizde, 2000'li yıllara kadar tasarımcıların ürünün teknik ve fonksiyonel özelliklerine önem verdiklerini görmekteyiz. Ancak değişen şartlar ve artan rekabet bu grupları farklı düşünmeye zorlamıştır. Bunun sonucunda çevresel bilinç artmış ve çevreye en az zarar veren malzeme ve ürün araştırılmaya çalışılmıştır. Yine tüketicinin duygusal tepkilerini dikkate alan anlayış gelişmiş, algı, imaj, çağrışım gibi değişkenlerin farklılık yaratmada önemli olduğu anlaşılmıştır.

Materials (1967)	Mekanik Özelliklerin maliyeti
Patton (1968)	Servis ihtiyaçları Fabrikasyon ihtiyaçları Ekonomik ihtiyaçlar
Esin (1980)	Üretim ihtiyaçları Ekonomik ihtiyaçlar Bakım
Ashby (1992)	Genel özellikler Mekanik özellikler Termal özellikler Giydirme Paslanma/oksitlenme
Lindback (1995)	Mekanik özellikler Fiziksel özellikler Kimyasal özellikler Elektriksel özellikler Akustik özellikler Optik özellikler
Budinski (1996)	Kimyasal özellikler Fiziksel özellikler Mekanik özellikler Ölçüsel özellikler İş konuları
Mangonon (1999)	Fiziksel faktörler Mekanik faktörler İşlenme ve Üretilebilirlik Bileşenlerin ömrü Maliyet ve ulaşılabilirlik Kodlar, yasallık ve diğerleri Özellik profili İşleme profili Çevresel profil
Ashby& Johnson (2002)	Genel nitelikleri Teorik nitelikleri Ekolojik nitelikleri Estetik nitelikleri
Ashby (2005)	Genel özellikleri Mekanik özellikleri Termal özellikleri Elektriksel özellikleri Optik özellikleri Ekolojik özellikleri Çevresel direnç

Tablo 2.5: Malzeme Seçiminde Etkili Olan Faktörler. Kaynak: Karana ve diğ., 2008

2.4. Çevreye Duyarlı Malzemelerin Özellikleri

Çevreye duyarlı malzeme, dikkate değer performans oluşturmak amacıyla tüm yaşam dönemi boyunca çevresel gelişmeleri göz önünde bulunduran malzemedir (Halada, 2001, s. 871).

Çevreye duyarlı malzeme, çevresel etkiyi minimize etme amacı taşır. Bunun yolu malzemenin etkinliğini artırmak, enerji ihtiyacını azaltmak ve malzemenin geri dönüşümünü sağlamaktır. Çevreye duyarlı malzeme, geleneksel malzemeden farklıdır. Geleneksel malzeme ile mukayese edildiğinde en az on üstün özelliği sıralanabilir. Bunlar; (Yagi, 2002, s3)

Enerji tasarrufu yeteneği: Çevreye duyarlı malzeme, sistemin tüm yaşam dönemi boyunca daha az enerji tüketir.

Kaynak tasarrufu yeteneği: Çevreye duyarlı malzeme, sistemin tüm yaşam dönemi boyunca daha az malzeme kullanılmasına olanak sağlar. .

Yeniden kullanım yeteneği: Çevreye duyarlı malzeme, toplanan ürünlerin yeniden kullanılmasına olanak sağlar.

Geri dönüşüm yeteneği: Toplanan ürünlerin ayrıştırılarak hammadde olarak kullanılmasına imkân sağlar.

Yapısal güvenilirlik: Güvenilir mekanik özelliklere sahiptir.

Kimyasal istikrar: Çevreye duyarlı malzeme, kimyasal bozulma olmaksızın uzun dönem kullanılabilir.

Biyolojik güvenilirlik yeteneği: Ekolojik sisteme negatif etkisi olmaksızın kullanılabilir.

İkame edilme özelliği: Kötü malzemenin yerine ikame edilebilir, alternatif olarak kullanılabilir.

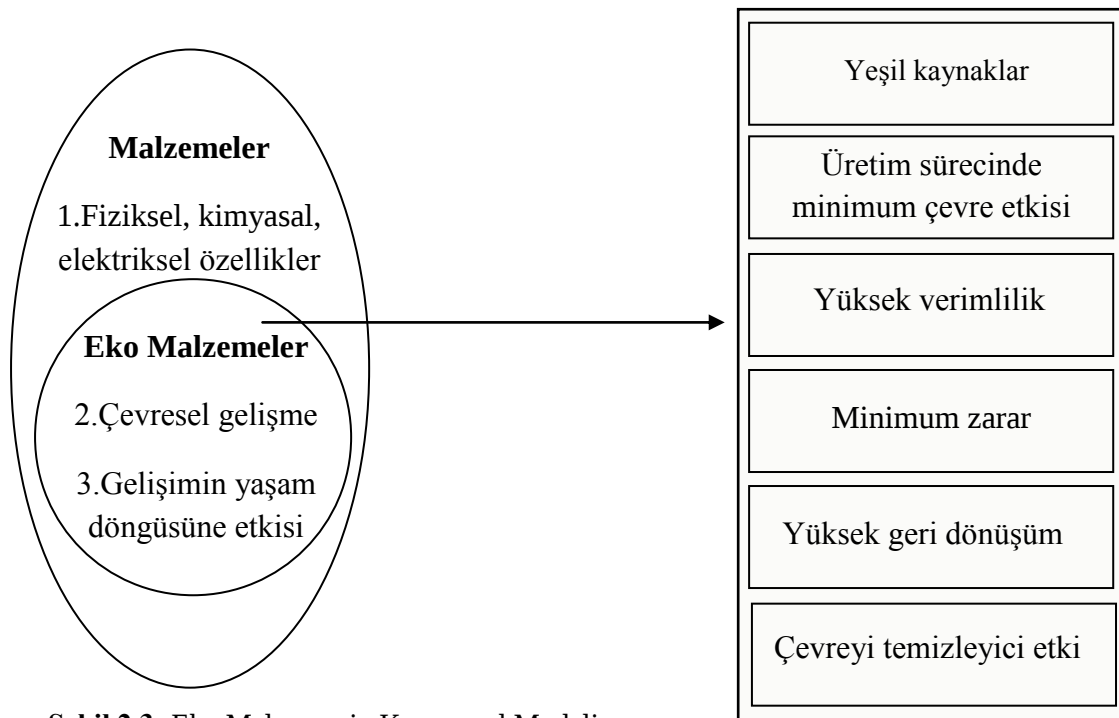
Hoşluk: Çevresel çalışmalarda konfor sağlar.

Temizlenebilirlik: Çevreyi iyileştirme sürecinde kirliliği yok etme ve ortadan kaldırma özelliğine sahiptir.

Bu on özellik üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar (Nowosielski ve Spilka, 2007, s.28);

- Yeni teknolojileri insanoğlunun sınırlarını geliştirmek amacıyla kullanmak
- Doğal çevrenin zararını minimize ederek, birlikte var olmaya çalışmak
- Doğayla uyumlu sağlıklı bir yaşam yaratmak için altyapı ve teknolojileri optimize etmek

Çevreye Duyarlı Malzemenin Doğa ve Çevreye Kazandırdıkları



Şekil 2.3: Eko Malzemenin Kavramsal Modeli

Kaynak: Nguyen ve diğ., 2005.

Şekil 2.3 Çevreye duyarlı malzemenin doğa ve çevreye kazandırdıklarını göstermektedir. Bunları sırasıyla ele alacak olursak;

Yeşil kaynaklar; bilindiği üzere çevreye etkisi düşük olan, biyo temelli, geri

dönüşümü, yenilenebilirliği, sürdürülebilirliği yüksek olan kaynaklardır. Eğer malzeme yeşil kaynaktan elde edilmişse, bu durum yenilenemez kaynakların kullanımını azaltırken, geri dönüşümlü kaynakların kullanımını artırır. Yeşil kaynakları üç gruba ayırabiliriz; (Halada, 1999, s.212)

- Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Malzemeler: Ahşap ve bitki temelli malzemeler, biyo seramik, ahşap seramik (Wood Ceramic), toprak seramik
- Atıklardan Elde Edilen Malzemeler: Belediyenin topladığı atıklardan elde edilen eko çimento, atıklardan yapılan seramik camlar
- Daha Yeşil Süreçli Malzemeler

Sınıflandırmada yer alan çevreye duyarlı malzemeleri sırasıyla ele alacak olursak;

Daha az zararlı madde ihtiva eden malzemeleri yaşam dönemi boyunca kullanırken çok dikkat edilmelidir. Yeşil çevre profiline sahip olan malzemeler ürünün tüm yaşam dönemi boyunca çevresel yükü zayıflatır. Fosil yakıt ve minerallerden elde edilen malzemeler tüketmektense daha az çevresel yükü olan yenilenebilir kaynaklardan elde edilen, ahşap temelli malzemeleri ve biyo plastikleri kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır. Ahşap temelli malzeme sadece yongadan değil aynı zamanda bitkisel elementlerden de elde edilebilir. Doğal lifler, polimer temelli kompozitler de destek dolgu olarak kullanılır. Ahşap-seramik, yeni, gözenekli (su geçirir) karbon malzemesidir. Karbonlaşmış ağaç ya da odun cinsi malzemelerden elde edilen ahşap seramiklerin pratikteki uygulamalarına örnek; Elektro manyetik koruyucu malzemeler, döşeme altı ısıtıcılar, nemlendirme sensörleri verilebilir.

Toprak doğal olarak yeniden elde edilebilir. Toprak seramikleri, yenilenebilir kaynaklardan elde edilir, gözenekli yapıya sahiptir. Toprağa az miktarda kireç ilave edilip, 150 C derecede hidrotermal ısıyla katılaştırılması sonucu toprak seramik elde edilir.

Atık ya da ürünlerden elde edilen malzemelerle, ekolojik yapıyı rahatlatacak malzemeleri kullanmak ya da ekolojik çevreden elde edilecek kaynakların kullanımını azaltmak hedeflenmektedir. Eko çimento, belediye atıklarından elde edilir. Bu malzeme kireç taşlarının kullanımını azaltır, aynı zamanda çevre üzerinde olumsuz etki yaratacak atık miktarını da azaltır. Bu malzemenin kullanımı ile fosforik asit gibi kirlilikler ortadan

kaldırılır. Fosforik asit, kanalizasyon atıklarının yakılmasından ve ağır metallerden açığa çıkar.

Seramik camlarının çeşitli tipleri geliştirilmiştir. Kompleks oksit esaslıdır. Al_2O_3 ve SiO_2 ihtiva eder. Külün bir başka çeşididir. Endüstriyel kalıntı, kâğıt ve küspenin yakılması sonucu oluşan küllerden elde edilir. Ayrıca bu malzeme jeotermal gücü olan bitkilerden ve alüminyum kaplama endüstrilerinden de elde edilir. Yapı malzemesi olma özelliğine sahiptir. Cement, clinker substitutes, foam glasses, mineral wools v.b. hidro termal reaksiyonlar gibi yeni reaksiyonların geliştirilmesi üretimdeki çevresel yükü azaltır.

Üretim sürecinde çevreye minimum etki; düşüncesi yaşam döneminin dört safhasını kapsar. Bunlar malzemenin üretimi, ürün üretimi, kullanma, geri dönüşüm ve atıkların yok edilmesidir. Temel sorun bu dört safha boyunca düşük çevresel etki yaratılıp yaratılmayacağıdır. Düşük çevresel etki yaratabilmek için, bu safhalarda yapılması gerekenler sırasıyla: Malzeme üretim sürecinde CO_2 salınımını azaltmak. Yine bu süreçte kirliliğin yayılmasını azaltmak, Üretim verimliliğini artırmak, Üretim sürecine girecek malzemelerin sayısını ve miktarını azaltmak. Kullanılacak enerjiyi azaltmak. Geri dönüşüm sürecinde girdi malzemelerini ve enerjiyi azaltmak. Atıkların yok edilmesi sürecinde yer alacak girdi malzemeleri ve enerjiyi azaltmak. Toprak doldurma (toksik atıkları gömmek için kullanılır) alanlarından tasarruf etmektir.

Yüksek verimlilik; malzemenin tüm yaşam dönemi boyunca tüketilmesi ile ilgilidir. Amaç üretim sürecine girerken malzemenin en yüksek verimliliği sağlamasıdır. Verimlilik için malzemelerin tüketimi safhasında enerji kullanımının azaltılması, ürün ve malzemenin yeniden kullanımını ve uzun ömürlü olmasını sağlamak gerekir. Bu malzemelere örnek olarak; (Halada, 1999, s.213) otomobiller için gerilmeye dayanıklı çelik, alüminyum alaşımı ve magnezyum alaşımları, düşük kayıpları olan malzemeler, ısıya dayanıklı performansı yüksek olan malzemeler, verilebilir.

LCA'ya yönelik tasarlanmış malzemeler bir diğer örnektir. Kaynak verimliliği ünite hizmet başına malzeme (MIPS) olarak da adlandırılır. Bu kavramın anahtar faktörü ünite başına hizmettir. LCA, belirli bir ürünün yaşam dönemi boyunca çevresel etkilerinin

toplamını göz önüne alır ve başka bir ürün yada sistemin etkisiyle mukayese ederek kantitatif bir endeks oluşturur.

Malzemenin kaynak prodüktivitesi, üretim esnasında daha az kaynak tüketerek yüksek performansa ulaşma olarak tanımlanır. İnce yapılı şekil verilebilir malzemeler özellikle araçlardaki mobil ürünlerde kullanılır. Örneğin kaplanmış çelik levha otomobil ağırlığını azaltır. Magnezyum hafif malzemelerdendir, otomotiv endüstrisi bu malzemeye yüksek ilgi göstermektedir. Alüminyum gövde ise trenlerde kullanılmaktadır, ancak giderek otomobillerde kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Ayrıca dayanıklı, teknoloji ağırlıklı tüketim ürünlerinde kullanılan bir başka malzeme titanyumdur. Titanyum yüksek güce sahiptir, hafif bir malzemedir. Buna karşılık maliyeti yüksektir. (Çıkarılmasındaki zorluktan dolayı). Yeni çıkartma teknolojileri ile titanyum alaşımının elde edilmesi kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır.

Yapılarda kullanılan malzemelerin kaynak verimliliği çok önemlidir. Eğer kullanılan malzemenin karakteri, geliştirilmeye uygunsa, daha az kaynakla ve daha güçlü malzemelerle üretilebilir. Ürünün toplam performansı iki katına çıkartılabilir (çok hafif çelik gibi). Düşük kayıplı malzemeler güç ve enerji transferiyle maddenin dışı ve içinde meydana gelebilecek kayıpları büyük ölçüde azaltabilir. Bunlara süper iletkenler örnek gösterilebilir. Elektro manyetik çelikler, elektriğin iletilmesi sırasında kayıpları azaltmada önemli rol oynarlar.

Çok hafif çelik projelerinin hedefi, ürünü iki kere güçlendirmek ve ürün ömrünü iki katına çıkartmaktır. Etkili malzemede, sistemin öncelikli amacı operasyon yeteneğini geliştirmektir. Yüksek ısıda çalışan malzemelere örnek olarak, ısıya dayanıklı (heat-resistant) malzemeler ve yıpranmaz ve paslanmaz (antierosion/corrosion) malzemeler örnek gösterilebilir. Bu malzemeler dinamik enerji sistemleri için kaçınılmazdır. Mukavemeti yüksek malzemeler, özellikle güç ve dayanıklılığın önemli olduğu otomotiv sektöründe çok önemlidir. Güçlü manyetik malzemeler, sadece elektrikli ya da hibrit otomobiller için değil bireysel kullanımlar içinde uygundur.

Minimum zarar; burada malzemenin ürün ve atıklardan çıkarılan zararlı kimyasal maddelerin yayılımını azaltıp azaltmayacağına bakılır. Bunun için potansiyel zararlı

maddelerin kullanımı azaltılır ve kullanılan ürünlerden elde edilen zararlı kimyasallar için toplama sistemleri oluşturulur. Daha az zararlı malzemeler; (Halada, 2003, s.210)

- Kurşunsuz malzeme: İşlenmiş çelik, lehim, kaplama ve alaşımlar
- Halojensiz Malzemeler: Yangın geciktirici, PVC'nin yerini alabilecek malzeme
- Kromsuz Malzemeler: Elektro galvanizli çelik levha
- Civanın alternatifi malzemeler
- Halojenin alternatifi malzemeler
- Çevreyle dost yarı iletkenler: Demir Silikat

Bir ürünün ihtiva ettiği toksik madde, üretici ve tasarımcılar tarafından göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktördür. Malzemenin önemli miktarı, tüketiciler tarafından günlük tüketilir ve yaşam dönemi sonunda elden çıkartılır. En önemli konu, atıklar işlenirken kirlilikten kaçınmaktır. Zararlı maddelerin yayılmasını önlemek için malzemenin toksik madde içermemesi çok önemlidir. Kurşunsuz lehim, malzeme geliştirmenin başarılı örneklerinden biridir. Ulusal İmalat Bilim Merkezi (UCMS) kurşunsuz lehim projesini maksimum erime özelliği olan kalay- kurşun lehime alternatif olarak geliştirmiştir.

Kurşunsuz işlenebilir çelikte, kurşunun yerini kalsiyum, sülfür, altıgen bor nitrit almıştır.

Halojensiz malzemeler, bu alanın önemli hedeflerinden bir diğeridir. Plastiklerde yanmayı önlemek için, genellikle yanmayı geciktirici etkiler ihtiva eden malzemeler kullanılır. Ayrıca organik halojen bileşenlerinin birçoğunda bu tür malzemeler kullanılır. Örneğin polimerlerde yanmayı geciktirici dolguların değişik tipleri geliştirilmiştir. Bunlar hafif metal hidroksitleri ve yanmayı geciktirici silikonlardır.

PVC toksik malzemedir. Hem işleme hem de yakma sırasında dikkat gerektirir. Elektro galvanizli çelik levhaların yüzeyindeki krom tabaka, yakma ve parçalama sırasında açığa çıkan krom oksidin mikro parçacıklarının oluşturacağı problemlerden dolayı, çelik üreticileri kromsuz elektro galvanizli çelik levhalar geliştirmişlerdir.

Yüksek geri dönüşüm; malzemenin üretimi ve geri dönüşüm safhası ile ilişkilidir. Temel sorun malzemenin, etkin bir geri dönüşüme katkıda bulunup bulunmayacağıdır. Bu sorunu çözmek için firmalar, geri dönüşüm kaynaklarının dönüşüm oranını yükseltebilir, ürünlerin ayrışma ve geri dönüşüm yeteneğini artırılabilir, kapalı ve açık devre geri dönüşüm halkalarını geliştirilebilir. Kapalı geri dönüşüm, geri dönüştürülmüş malzemenin aynı üretim sisteminde kullanılmasıdır. Açık geri dönüşüm ise geri dönüştürülmüş malzemenin farklı ürün ve sistemlerde kullanılmasıdır (Taygun ve diğ., 2005, s.42). Geri dönüşümlü malzemeler; (Halada, 1999, s.212)

- Geri dönüşümlü alaşımlar: Daha az alaşımlı, yüksek performanslı çelik- Çok amaçlı alüminyum alaşımı
- Geri dönüşümlü kompozitler: Ayrışabilir kompozitler, aynı ailenin malzemelerinden kompozitler
- Düşük kirlilik düzeyi olan alaşımlar
- Geri dönüşümlü tasarım için malzemeler

Geri dönüşüm yer küredeki doğal kaynak çıkarımını ve kullanımını azaltarak çevresel yükü azaltır. Ancak malzemedan beklenen yüksek performans ihtiyacı geri dönüşümü zorlaştırabilir. Yüksek performanslı malzemelere örnek olarak yüksek alaşım teknolojisi, kaplı saçlar, kaplamalı polimerler ve kompozitler vb. verilebilir. Malzemenin performansı arttıkça dönüşüm zorlaşmaktadır. Geri dönüşümlü tasarım için malzeme teknolojisi de ürün tasarımı kadar önemlidir. Çoğu geleneksel alaşımların bir çok katkı maddesi ilave edilerek özellikleri geliştirilmiştir. Bu katkılar geri dönüşümü engeller.

Geri dönüşümün gelişmesinde yeni bir yaklaşım, ilave etkenler ve mikro yapıyı kontrol etmek suretiyle özellikleri kontrol altına almaktadır. Martenzit ve demir tozunun oluşturduğu çift safhalı çelik, mikro yapı (micro structure) kontrolü vasıtasıyla geliştirilmiştir.

Kompozitlerde geri dönüşümü sağlamak zordur. Dolguları ayırmak için, buhar patlatması yapılır. Kimyasal reaksiyonunu kolaylaştırmak için bir polimer matrisi seçilir. Buhar patlaması, ahşap malzemelerin geri dönüşümü için de kullanılabilir. Tek bir kimyasal kompozisyonndan ibaret olan kompozitler farklı yapısal karaktere sahip olanlardan

elde edilebilir. Örneğin Fe-fe kompoziti, farklı fiziksel karakterlere sahip, tek bir kimyasal kompozisyonundan ibarettir. Dolgusu kuvvetli bir şekilde gerilmiş demir tel ve matrisi sintere edilmiş demir tozudur.

20.yy başlarında geri dönüşüm evlerden toplanan ev atıklarına bağlıydı. Bu nedenle benzer ve kontrol edilen atıklar temiz değildi ve geri dönüşümde kalite kontrolü ve sürdürülebilirlik sınırlıydı. Teknolojik bakış açısından kalite, temel olarak geri dönüşüm sistemlerinde temizlik kontrol sistemine bağlıydı. Bu dönemdeki araştırmacılar geri dönüşümde maliyet-kalite dinamiklerinin varlığına dikkati çekmişlerdir.

Japonya’da geri dönüşüm sürecinde kirliliği ortadan kaldıran birkaç yaklaşım denemiştir. Bakır ve Kalay gezinen elementler olarak tanımlanır. Bunlar hurda atıklarla karıştığında demirden ayırmak çok zordur. Bunun için geri dönüştürülecek çelikten bakırın ayrıştırılması için sıcak haddeleme teknolojisi araştırılmaktadır. Ayrıca bakırın bir destek ajanı olarak kullanımı denenmektedir. .

Diğer taraftan gezinen bir başka element de fosfordur. Malzeme tasarımında fosforun kullanılması araştırılmaktadır. Dökme demir içerisinde alüminyum tekrar denenmektedir. Katı hal geri dönüşümü özellikle alüminyum gibi hafif ve aktif metaller için uygundur. Sökme malzemeler için sökme süreçleri araştırılmaktadır.

Çevreyi iyileştirme; tüketim safhasıyla ilişkilidir. Temel sorun malzemenin arıtma ve çevreyi iyileştirme sürecinin etkinliğini artırıp artırmayacağıdır. Yapılması gerekenler, uçucu organik bileşenleri temizlemek, çevreyi kirleten zararlı maddeleri ortadan kaldırmak, gaz salınımıyla ortaya çıkan zararlı maddeleri yok etmektir (Nguyen, ve diğ., 2005, s.125).

Sonuç olarak ekolojik malzeme değerlendirmelerinde amaç ürünün yaşam dönemine katkıda bulunacak malzemeleri seçmektir. Malzeme seçimi yaşam döneminin tüm safhalarında önemlidir. Tüm safhalar için malzemenin çevreye zararı, yeşil olma özelliği, geri dönüşüm prodüktivitesi değerlendirilmelidir.

2.5. Çevreye Duyarlı Tasarımlarda Geri Dönüşümlü Malzeme

Geri dönüşüm, çevrenin farkında olmamızı sağlayan, katı atık yönetim stratejisidir. İkinci dünya savaşı sonrası nüfusun artması, yaşam standardının yükselmesi, teknolojiye gelişmeler sonucu, pazardaki ürünlerin miktar ve çeşit olarak artması, insanların evsel, sosyal, endüstriyel aktiviteleri sonucu oluşan katı atıklar (çöpler), tüm dünyada azalan kaynaklar ve giderek artan çevresel bozulma, hava, kara ve suların kirlenmesi, atıkları yok etme çabalarını daha sistemli bir şekilde düşünülmesine neden olmuştur (Kriwet ve diğ. 1995, s.15-22).

Yaşanan bu gelişmeler tasarımcı ve üreticileri çevresel konuları incelemeye ve değerlendirmeye yöneltmiştir. El değmemiş ekolojik alanların kırılganlığı ve bunun değerinin anlaşılması ile her geçen gün çevresel problemlere ilgiyi artmıştır. Endüstriyel kirlilikten dolayı oluşan çevresel baskılar, tasarımcıları daha sürdürülebilir gelecek yaratacak teknolojileri ve teknikleri uygulamaya zorlamıştır (Tu, 1998, s.310). İlginin artmasının bir diğer nedeni tahribatın yol açtığı ekolojik yükün (maliyetin) toplum tarafından paylaşılmasıdır. Bu anlayış yıpranmış (atık) ürünlerin çevreye etkisi göz önüne alındığında daha da belirginleşmektedir. Depolama (saklama) alanların kıtlığı, ürünlerin elden çıkarılırken atık yakma işlemi ve bunun yarattığı kirlilik, ürünleri yok etmenin çok da kolay olmadığını göstermektedir.

Bir çok otorite (ekolojik düşünce) atık ürünler için ideal yolun geri dönüşüm olduğunu onaylamaktadır. Gelecekte yaşam dönemi sonunda elden çıkarılacak ürün ve malzemeler için sınırlayıcı ve zorlayıcı yasal düzenlemelerin yapılacağı ön görüşü yaygındır (Subramoniam ve diğ., 2010, s.1580). Çıkarılacak yasaların firmaları geri dönüşümlü malzeme kullanmaya zorlayacağı belirtilmektedir. Örneğin Brezilya'da çıkarılan Ulusal Katı Atık Politikası yasası, katı atıkların yönetimi için enstrümanları, hedef ve politikaları içermektedir. Yasa imalatçı, ithalatçı dağıtıcı, pazarlamacıları elden çıkarılan ürünlerin yeniden kullanımından ya da geri dönüşümünden sorumlu tutmaktadır. Bu tür yasaların giderek yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Bir ürünün tümüyle geri dönüşümü nadiren olasıdır, ya da faydalıdır. Amaç minimum çabayla geri dönüşüm kaynaklarını maksimum yapmaktır. Yine geri dönüşüm

sağlanırken ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Ekonomik değerlendirmeden amaç, geri dönüşümün kazandırdıklarıdır. Geri dönüşümün maliyeti çok yüksek ise başka çıkış yolları aranmalıdır (yeniden kullanım vb.). Sosyal faktörler açısından ise, malzemenin insan sağlığına ve çevreye verdiği zararın değerlendirilmesi gerekir.

Yaşam dönemi sonu değeri olarak da adlandırılan geri dönüşüm iki aşamada gerçekleştirilebilir, sofistike geri dönüşüm teknolojileri kullanılarak geri dönüşüm süreci geliştirme (İleri Ayırma ve Temizleme Yöntemleri Oluşturma) ve geri dönüşümlü ekolojik malzeme ile ürün tasarlama.

Bunun için ürün tasarımıyla, çevresel düşünce birleştirilerek araç ve metotlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmaların birçoğu yaşam dönemi analizi (LCA) yaklaşımıyla gerçekleştirilir. Amaç farklı ürünlerin yaşam dönemlerini keşfetmektir. Diğer çalışmalar spesifik ürünlerin geri dönüşümüne rehberlik edecek çalışmalardır. Ya da verilecek tasarım kararlarını değerlendirme veya karşılaştırmaya yardımcı olacak genel ürünler içindir.

2.5.1. Geri dönüşümlü malzeme kullanma nedenleri

Sürdürülebilirlik kavramına göre, geri dönüşümün hedefi, gelecekteki kaynak ihtiyacı için uzun dönemli arz kaynakları oluşturmaktır. İmalat süreci ya da dönüştürme sırasında doğal kaynaklar tahrip olabilir. Bu durum o malzemelerin geri dönüşümünü, ürün kalitesini ve çevresel yükü etkileyecektir. Eğer, malzemenin çevresel etkisi, ürün tasarımı, yaşam dönemi yöntemleri ile ürün geliştirmenin başlangıç safhalarında göz önünde bulunduruluyorsa geri dönüşümlü malzemelerin etkinliği artırılabilir.

Çevreyi koruma duyarlılığındaki artıştan dolayı bütün ulusların çevresel problemlere karşı ilgileri her geçen gün artmaktadır. Bütün uluslar çevreyi korumanın önemini anlamış ve bilinçlenmişlerdir. İnsanlar, genellikle malzemenin kendisinde ya da imalat sürecinden kaynaklanan kirlilik ve çevresel tahribata odaklanmışlardır. Ancak geri dönüşüm değeri, ambalajlı nakliye, faydalanılan kaynakların yoğunluğu göz ardı edilmiştir. Bundan dolayı atık miktarını azaltmak için çevresel tasarım stratejilerine ve ilave araştırmalara ihtiyaç vardır.

Çevresel kirliliğin yarattığı zararların ürün yaşam döneminin başlangıcında kontrol etmek önemlidir. Burada değerlendirilmesi gereken konular, ekolojik etki, atıkların azaltılması, kaynakların geri dönüşümüdür

Ürünün yaşam dönemi noktasında çevresel ürün tasarımı için temel düşünce, geri dönüşümlü malzemelerden elde edilen yeni ürünlerin kullanımını sağlayabilecek tasarımlar yapmaktır. Tüm tasarım sürecinde, tasarımcılar ürünlerin çevresel etkisini sistematik olarak analiz ederler. Çevresel problemleri bulduktan sonra, hedef çevreye duyarlı tasarımı oluşturmaktır. Daha sonra tasarımcılar ürünün elden çıkarılması sonucunda çevresel zarara duyarlı ürünün yeniden tasarımını gerçekleştirebilirler.

Geleneksel yaşam dönemi analizlerinde yaşam dönemi sadece belli dönemlerin belli aralıklarına odaklanır, gelecekte oluşabilecek çevresel problemler ihmal edilirdi. Sürdürülebilirlik noktasında farklı ürünlerin yaşam dönemleri boyunca çevresel etkilerini anlamak ve bilmek önemlidir.

Geri dönüşümlü ürün kullanma ya da atıkları geri dönüştürmenin çeşitli nedenleri olabilir. Bunlar; ekonomik sebepler, yasal zorunluluklar, çevresel kaygılar, sosyal sorumluluk vb. olabilir (Bulut ve Deran, 2008, s.336).

Ekonomik Sebepler; geri dönüştürülmüş üründen, yeniden üretilerek ya da geri dönüşümle yeni ürün elde etme, doğal hammadde kullanılmaması, elde mevcut olanlara değer kazandırması, daha az enerji kullanılması nedeniyle firmaya kazanç sağlar. Bu kazanımlar rakipler karşısında avantaj sağlar. Ayrıca müşterilerin çevreci firmalara karşı olumlu bakış açısı, talebi oluşturma ve artırma yönünden önemli kazanımlar sağlar.

Yasal Sebepler; firmalar yasal zorunluluktan dolayı ürün malzeme ve atıklarını geri dönüştürebilirler. Örneğin Çevre ve Orman Bakanlığı çıkardığı yönetmelikle, "Katı Atıklardan Geri Kazanılmış Malzeme Üretilmesinin Özendirilmesi" başlığı altında, mahallin an büyük mülk amiri ve belediyelere;

Geri kazanılabilen veya insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden bertarafı mümkün olan maddelerin kullanılmasını. Geri kazanılmış maddelerden imal edilmiş

malzeme ve ürünlerin kullanımının tercih edilmesini teşvik eder (Resmi Gazete, 2005, sayı 25777).

Bakanlık bu yönetmelikle, mülki idare ve belediyelerin ürün alım ve kullanımlarında tercihlerini geri dönüştürülmüş malzeme üründen yana kullanmalarını istemektedir.

Çevresel Kaygılar; günümüzde firmalar sadece kar elde etmek için değil aynı zamanda yaşadıkları dünyaya da katkı sağlamaları gerekir. Dolayısıyla bu prensipler ve değerler doğrultusunda çevresel bozulmanın yarattığı endişe ile geri dönüşümlü malzeme kullanılabilir.

Sosyal Sorumluluk; Firmanın toplumun bir ferdi gibi sorunları hissetmesi ve çözüm araması olarak tanımlanabilir. Bu nedenle firmaların sosyal sorumluluk taşıması, çevrelerini nasıl etkilediklerini belirleyerek, çevresel gelişmeye katkıda bulunacak geri dönüşümlü ürün ve malzeme kullanmaları anlamına gelebilir.

2.5.2. Geri dönüşümlü malzeme kaynakları

Atık yönetimi birçok endüstride alarm verir hale gelmiştir. Atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşüm ve azaltılması gündemde olan konulardan bazılarıdır. Ancak, hala bu konuda yapılması gereken ve yapılacak birçok şey bulunmaktadır. Sürdürülebilir gelişmenin misyonu ve çevresel gelişmenin tanıtımı, tüm endüstrilerde çevreyi koruma için uygun yöntemler adaptasyonu gerçekleştirebilirler. Geri dönüşümlü malzemelerle ilgili yönetim stratejileri geliştirebilmek için öncelikle geliş şekline ve kaynağına bakmak gerekir. Bunun için çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Kırlioğluna göre bunlar; (Kırlioğlu, 2010, s.3545),

Kaynak çekmede meydana gelen atıklar; madencilik, ormancılık, çiftçilik faaliyetleri sonucunda oluşan atıklardır.

Kaynak dönüşümü ve dağıtım sırasında gerçekleşen atıklar; imalat sırasında, enerji dönüşümünde ve ürünün dağıtım sırasında oluşan atıklardır.

Ürün tüketimi sırasında meydana gelen atıklar; son tüketicilerin ürünü kullanmaları ya da tüketmeleri sonucu meydana gelen atıklardır.

Kriwet ise bu sınıflandırmayı; (Kriwet ve diğ., 1995, s.15-22) üretimden arta kalan hurdaların geri dönüşümü (bunlar imalat sürecinin atıklarıdır). Ürünün kullanımı sırasında geri dönüşüm, yeniden üretim ya da tamirattan sonra ürünün kullanımı, ürün kullanıldıktan sonra geri dönüşümü, yaşam döneminin son safhasında geri dönüşüm, şeklinde yapmıştır.

Bir başka ayırım (Nakipoğlu, 2007, s.184), üretici, dağıtıcı, tüketici geri dönüşleridir. Ayrıca bunlara üründeki sorun nedeniyle, muadiliyle değiştirilmesi amacıyla üreticinin ürünü geri çağırması ve ürünün yeniden kullanılma özelliğinden dolayı fonksiyonel dönüşü şeklinde iki değişken ilave etmek mümkündür.

Üretici Dönüşleri;

- Ürünün hammadde fazlasının olması
- Ürünün kalite kontrolünün başarısız olması
- Üretim fazlasının olması

Dağıtıcı Dönüşleri;

- Yanlış veya hasarlı teslimat yapılması
- Kullanım süresi geçmiş ürünlerin bulunması
- Satılmamış ürünlerin olması
- Mevsimsel dalgalanma sonucu elde ürün kalması

Müşteri Dönüşleri;

- Garanti kapsamında dönüşler olması
- Ürünlerin tamir edilerek yeniden kullanılması
- Değer kazanımının (hurda değeri) olması
- Kullanım sonucu dönüşlerin (ikinci el) olması
- Yaşam sonu dönüşlerinin olması

- Zararlı malzemeler ile ilgili yasal düzenlemelerin yapılması
- Ürünün başarılı olmaması veya kullanıcının ürünün hatalı olduğunu düşünmesi

Fonksiyonel Dönüşler;

- Ambalaj, malzeme, konteynır, kutunun, vb. yeniden kullanılabilir olması

Üreticinin Ürünü Geri Çağırması;

- Üründeki hata, sağlık, güvenlik problemleri nedeniyle ürünün geri çağırılması

Özet olarak ürünlerin geri gönderilme ya da ıskartaya çıkma nedenleri çeşitli bakış açılarıyla değerlendirilip gruplanabilir. Ancak kaynak neresi olursa olsun, yeni kaynaklara talebi azaltması, üretim ve ulaştırma maliyetlerini azaltması, atıkların depolandığı sahalardan tasarruf sağlaması geri dönüşümün en önemli faydalarıdır (Vivian, ve diğ., 2006, s.1650).

2.5.3. Geri dönüşüm şekilleri (yolları)

Ürün geliştirilirken, daha ilk safhalarda çevresel etkiyi minimize edecek başarılı bir ürün elde edebilmek için geri dönüşümü ya da elden çıkarımı muhakkak göz önünde bulundurulmalıdır. Malzeme seçimi yapılırken, artan talebi karşılamak, malzemenin çevresel etkilerini minimize etmek için malzemenin geri dönüşüm yeteneğine bakılmalıdır. Geri dönüşüm farklı yollarla yapılabilir (Ljungberg, 2007, s.1075).

Enerji Geri Dönüşümü: Malzemenin yakılması ile elde edilen enerji ısıtma için kullanılır

Malzeme Geri Dönüşümü: Malzeme yeniden eritilerek yada şekillendirilerek ürün yapımında kullanılır.

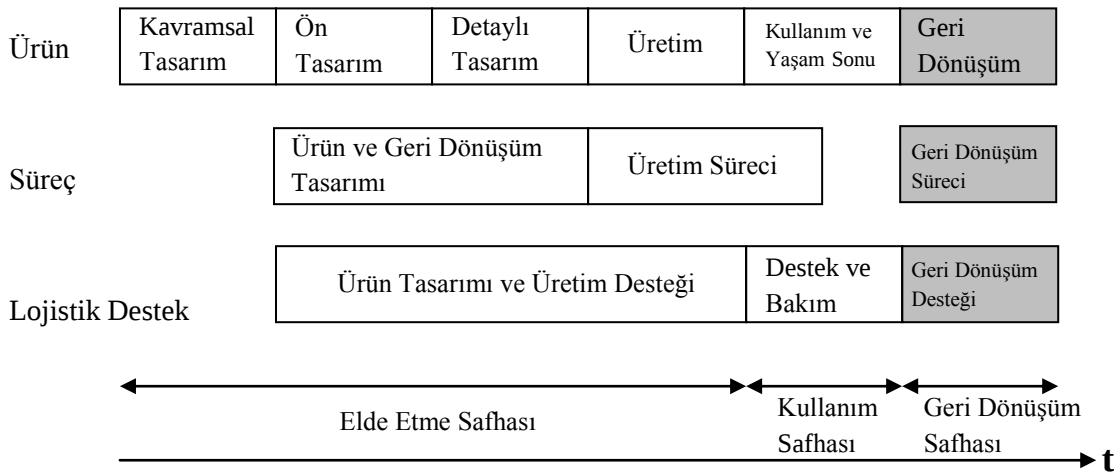
Yeniden Kullanım: Ürün yada ürünün bir parçası tekrar kullanılabilir. Bu ürünler 2.el pazarlarında daha düşük fiyatlara satılabilir.

Bozulma (Breakdown): Doğal organik malzemelerin, sentetik polimerlerin veya metallerin doğada doğallığı bozulabilir. Bu malzemeleri biz biyo çözünür yada bozulabilir malzemeler olarak adlandırırız.

Depolama (Biriktirme): Eğer ürün geri dönüşüm sürecine dahil edilemiyorsa depolanabilir. Bu malzemeler radyoaktif yada toksik ise belirli alanlarda saklanabilir veya gömülebilirler. Ancak birçok ülkede depolama çevre yasaları ile yasaklanmıştır.

2.6. Yaşam Dönemi Sürecinde Geri Dönüşüm

Evrende her canlının olduğu gibi ürün ve malzemelerinde bir yaşam dönemi vardır. Doğarlar büyürler, olgunlaşır, yaşlanır ve ölürlür. Bu süreç malzemeler açısından değerlendirilecek olursa, Şekil 2.4 deki dönüşüm görülür. Buradan geri dönüşümün başlangıç safhasında değil ürün kullanıldıktan sonra gerçekleştiği görülmektedir. Malzemenin yaşam safhalarını; çıkarma, üretme, kullanma ve elden çıkarma şeklinde sıralamıştır. Geri dönüşüm yaşam döneminin başlangıç safhasında gerçekleşmez. Ancak başlangıç safhasında malzeme secimi planlanırken geri dönüşüm ve yeniden kullanım göz önünde bulundurulmalıdır (Kriwet, ve Seliger, 1995, s.17).



Şekil 2.4: Yaşam Döngüsü Sistemi

Kaynak: Krivet, ve Seliger, 1995.

Ekolojik yönelimler sadece üretim ve pazarlama alanlarında değil, ürünün tüm yaşam dönemi boyunca göz önünde bulundurulmalıdır. Yaşam dönemi perspektifi, çok

uzun geniş bir zaman dilimini kapsayan, çok fazla boyutları olan kapsamlı bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Ürünlerin ekolojik yapıları firmaları, lojistik destek aramaya ve sürecin çevresel etkisini göz önünde bulundurmaya zorlamıştır. Dolayısıyla tüm yaşam dönemi boyunca üç elementi göz önünde bulunduran bütünlük bakış açısı tercih edilir. Bunlar ürün, süreç ve lojistik destektir. Buna sistem yaklaşımı adı verilir. Sistem, aralarında etkileşim bulunan kompleks bir yapının kısımları yada elementlerin kombinasyonudur. Bir ürünün üretim sistemi ya da destek kapasitesi yoksa fonksiyon yürütemez. Dolayısıyla malzemenin çıkarımından, ürünün elden çıkarılmasına kadar tüm süreç bir sistem yaklaşımıyla değerlendirilmelidir. Çünkü sistemde bütünlük esastır. Ayrıca elemanlar arası etkileşim ve ilişkide çok önemlidir. Bu üç değişken geri dönüşüm, yararlanma ve kazanma sırasında sistem bakış açısıyla ele alınan yaşam dönemi ile eş zamanlı ele alınmalıdır.

Günümüzde çoğu firma çevresel etkiyi azaltmak, kârını maksimum yapacak fırsatları yakalamak için geri dönüşümü değerlendirir. Teknik ve bilimsel bilgi eksikliğinden dolayı, geri dönüşümlü malzemenin kullanımı sınırlıdır. Bunun sebebi geri dönüşümlü malzemenin kalitesinin düşük olduğu algısıdır. Kalite üç açıdan değerlendirilmiştir. Bunlar, bozulma durumu, kirletici özelliği ve atık miktarıdır. Bu değişkenler hem geri dönüşümü engelleyici hem de motive edici özellik taşır (Candido ve diğ., 2011, s.1440). Literatürde yer alan birçok araştırmacı imalat sürecinde çevresel strateji uygulamanın önemine dikkat çekmektedir (Knight ve Jenkibs, 2009;). Bu araştırmacıların ortak düşüncesi global çevresel etkiyi minimize etmektir. Bunu gerçekleştirmenin yolu ise doğal kaynakların kullanımını azaltmak, oluşan atıkların geri dönüşümünü ve yeniden kullanımını sağlamaktır.

Doğal kaynakların kullanımını azaltmak için üretimde daha az hammadde kullanımını sağlayacak teknikleri araştırmak gerekir. Bunun yanında daha fazla geri dönüşümlü malzeme kullanmayı da teşvik etmek gerekir. Bu nedenle tasarım döngüsünde geri dönüşümlü, yeniden kullanıma ve yeniden üretime (3Rs) olanak sağlayan malzemelerin planlanıp, kullanılması çok önemlidir (Candido ve diğ., 2011, s.1441). Carvalho (2009) ya göre geri dönüşüm pazarda olumlu imaj ve karı artırma fırsatı yaratır. Ancak yüksek fiyatlı ve prestijli ürünler için geri dönüşümlü malzeme kullanma

konusunda önemli sınırlamalar vardır. Çünkü birçok otorite hammaddeden elde edilen malzeme ile geri dönüşümlü malzeme arasında kalite ve fonksiyonel farklılıklarının olduğunu ortaya koymuştur. Geri dönüşümlü malzeme kullanan imalatçıların ürün kalitelerinin düşük olduğu imajını yıkabilmek için, geri dönüşümlü malzeme ile orijinal malzeme arasındaki farkın azaltılması gerekir (Candido ve diğ., 2011, s.1440). Bunun için etkin geri dönüşüm teknolojilerinin araştırılması ve tüm sistemin bütünleşik bakış açısıyla yani sistem yaklaşımı ile değerlendirilmesi gerekir. Yukarıda ifade edildiği gibi sistem yaşam döneminin üç elementini ortaya çıkarır. Bunlar ürün, süreç ve lojistik destektir. Yaşam dönemi ile eşzamanlı ele alınması gereken bu değişkenleri sırasıyla değerlendirecek olursak; (Seliger ve diğ., 1993, s.8)

2.6.1. Ürün yaşam dönemi

Ürün yaşam dönemi tasarım, planlama, üretim, montaj, kullanım, (elden çıkartma) yaşam döneminin sonu ve geri dönüşüm şeklinde sıralanır. Geri dönüşüm için en önemli ve zor safha tasarımıdır. Bu safhada ürünün geri dönüşüm alternatifleri ve geri dönüşüm sürecine etkileri değerlendirilir. Zor olmasının nedeni, tasarım ve geri dönüşüm arasında geçen uzun zaman dilimidir. Bazı ürünlerin tasarlanması ile ticarileştirilmesi arasında geçen 10-15 yıllık zaman (otomobil, beyaz eşya vb) dilimidir.

2.6.2. Sürecin yaşam dönemi

Sürecin yaşam dönemi, ürün tasarımı vasıtasıyla üretim işinin tanımlanmasıyla başlar. Yaşam dönemi süreci, geri dönüşüm sistemi ve üretim tasarımı kapsar. Geri dönüşüm açısından üretim süreci planlaması, geri dönüşüm yollarını bulma ve atıkları minimize etme ile ilgilidir. Geri dönüşüm sisteminde amaç yaşam dönemi sonu değerini maksimum yapacak araçları bulmaktır (tamamlayıcıları yeniden kazanmak, malzeme ve enerji kullanımını minimize etmek, vb.). Geri dönüşümden elde edilecek kazançlar şöyle sıralanabilir (Vivian ve diğ., 2006, s.1650);

- Spesifik atık malzeme satışından elde edilecek gelir
- Atıkların depolanmasından elde edilecek tasarruflar
- Diğer atıkları ortadan kaldırmayla oluşacak tasarruflar

Düşük fiyatlı ürün ve oluşturulacak olumlu imaj tüm bu çevreci yaklaşımlar üreticileri rakipleri karşısında avantajlı duruma getirebilir. Ancak günümüzde bilinen çabalar sınırlıdır.

2.6.3. Lojistik desteğin yaşam dönemi

Lojistik destek üretim ve tasarım sırasında ki destekleri kapsar. Ayrıca, ürünün geri dönüşümü için destek, ürünün kullanılması sırasında bakım ve tüketici desteğini kapsar (geri dönüşümde kullanılan ürünlerin nakliyesi ve kullanılmasıdır). Geri dönüşüm süreci, toplama, ürünün nakliyesi ve kullanılacak malzemeler konusunda bilgilerin toplanmasıdır.

2.7. Geri Dönüşüm Ağı (Network)

Çevresel düşünceyle malzeme akışını yönetmek için geri dönüşümcüler kadar tüketiciler ve tedarikçilerde de ortak ilişkiler kurulmalıdır. Karşılıklı ilişki oluşturmak, iş birliğini sağlamak ve koordinasyon için geri dönüşüm ağı oluşturulmalıdır, geri dönüşümcülerin görevi, imalatçılar ve bağımsız geri dönüşüm firmaları tarafından belirlenir. Günümüzde en yaygın strateji, imalatçı firmaların geri dönüşümlü malzemeleri için geri dönüşümcü firma ile anlaşma yapmasıdır.

Tedarikçiler, geri dönüşümcüler tarafından üretilen geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanan tasarımcıların ihtiyaçlarına dikkat etmelidirler. Ağın kontrolünü gerçekleştiren tasarımcı, farklı kararları değerlendirir ve geri dönüşüm verilerini müşterilere sağlar. Kavramsal tasarım safhasında başlatılan ağ, aday tasarım için gerekli bilgileri, iletişimi ve sunumu tasarımcılara sağlar. Ağ, finansal konularda bilgi değişimini, çevresel konularda bilgi alışverişini, çevresel verileri, yasal bilgileri, malzemeye, geri dönüşüm sürecine, ürünün geçmişine ulaşmayı sağlar. Ürünün tasarımı sırasında (geri dönüşüm için malzemenin uygun olup olmadığı konusunda) çıkan çatışmalar, katılımcıların iş birliği ile çözülebilir. Birçok durumda ağla bilgi alışverişi, önemli çevresel gelişmelere yol açacak tasarımlara şekil verilmesinde ciddi rol oynar. Geri dönüşüm ağındaki iş birliği, geri dönüşüm için geliştirilmiş tasarımlarda etkinlik sağlar. Ağda yer alan farklı mesajlar şunlardır (Kriwet ve Seliger, 1995, s.18);

Tasarımcılar ve Geri Dönüşümcüler için:

- Üretimden sonra ürünün depolanma, nakliye ve toplanma yolları araştırılmalıdır
- Etkin geri dönüşüm metotları belirlenmelidir
- Malzemeler için pazar bulunmalıdır
- Ayırma ve sınıflandırmayı kolaylaştırmak için malzeme özellikleri hakkında bilgi toplanmalıdır
- Zararlı ya da değerli tamamlayıcıların yeniden kullanım yerleri ve özellikleri ile ilgili bilgi toplanmalıdır

Tasarımcı ve Tüketiciler için:

- Ürünler izlenmelidir
- Kullanma safhası boyunca bakım ve hizmetlerin yönetimi için ürünler izlenmelidir
- Onarma ve tamir sırasında ürünün parçalarının değişimi izlenmelidir
- Ürünü geliştirme konusunda belirsizlikleri azaltılmalıdır

Tasarımcı ve Tedarikçiler için:

- Yeniden kullanımı ya da yeni kısımlarda iyileştirilmiş malzeme kullanımını belirlenmelidir
- Malzeme için pazar bulunmalıdır
- Geri dönüşümlü malzemenin kalite ve güvenilirliği belirlenmelidir

Ağıdaki karşılıklı ilişkiler göstermektedir ki tasarımcı sürecin her safhasında koordinasyonu sağlayan kişilerdir. Özellikle hem başlangıç safhası tasarımında geri

dönüşümlü malzeme kullanma ve alternatifleri değerlendirme konusunda hem de ürünün elden çıkarılması sırasındaki stratejik yolları belirlemede aktif rol aldıkları görülmektedir.

Ancak tüm kararların sistemde yer alan gruplarla iş birliği içinde verilmesi gerektiği görülmektedir.

2.8. Geri Dönüşüm Odaklı Tasarım

Burada amaç, tasarımın henüz konsept safhasında geri dönüşüm odaklı yaklaşımlarda bulunmaktır. Öncelikle tasarım işinin aydınlatılması gerekir. Burada optimizasyon hedefleri doğrultusunda, amaca uygun süreçler konusunda bilgiler toplanır ve fonksiyonel ürün için gerekli olan ihtiyaçlar belirlenir. Optimizasyonun hedeflerinden biri, geri dönüşümü kolaylaştırmaktır. Yani geri dönüşüm outputlarını artırmak, buna karşılık gerekli enerji ve çabaları azaltmaktır.

Tasarımcı, ürünün geri dönüşümünün gerçekleştirilmesinde anahtar rol oynar. Ancak geri dönüşüm odaklı tasarımın genel kuralları yoktur, tasarımcının donanımı, bilgisi ve güncel teknolojilerle paralellik arz eder.

Bu konuda yapılması gerekenler (Kriwet ve Seliger, 1995, s.19);

- Tehlikeli ve çevreye zararlı malzemelerden kaçınmak
- Yeniden kullanmaya müsait malzeme seçmek
- Geri dönüşümlü parçaların yeniden kullanılmasına olanak sağlamak
- Birbirleriyle uyumlu malzemeleri ayırmak
- Geri dönüştürülebilir bileşenlerin kullanımına öncelik vermek
- Bağlantı elementlerini (Use Joining Elements) kullanmak
- Kolayca ulaşılacak bağlantı elementlerini tasarlamak
- Özel bir araç gerektirmeyen bağlantı elementlerini kullanmak
- Bağlantı elementlerini çürüme ve aşınma olmadan korumak

- Eğer ürünün keskin hatları varsa zararlı ayırma tekniklerinden sakınmak
- Malzeme çeşidini minimize etmek
- Bağlantı elementlerini ve çeşidini minimize etmek
- Kolay elde edilebilecek değeri malzemeleri kullanmak
- Geri dönüşüm için gerekli bilgileri toplamak (geri dönüşüm alternatiflerini araştırma, malzeme içeriği, ayırma süreci)
- Kolayca taşınabilecek ürün tasarlamak
- Geri dönüşüm sürecini başlatma konusunda tüketicileri teşvik etmek

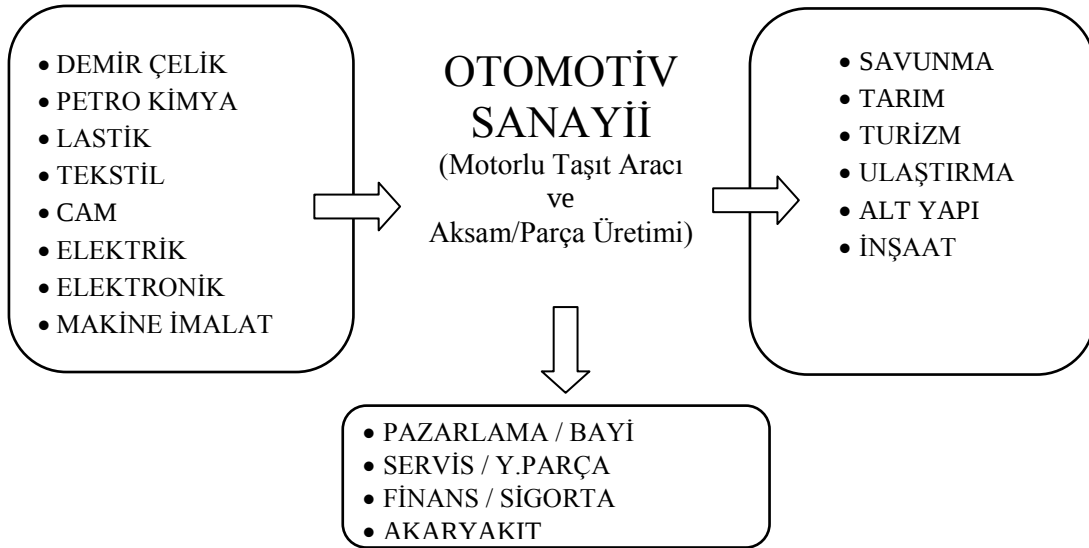
Yukarıda belirtilen tüm kriterler geri dönüşüm sürecinin etkinliğini artırmak içindir. Bütün bu kriterler tasarımın konsept ve uygulama safhasında göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ÇEVREYE DUYARLI TASARIMA YÖNELİK UYGULAMALAR VE RENAULT ÖRNEĞİ

3.1. Otomotiv Sektörünün Ekonomideki Yeri ve Önemi

Otomotiv sanayi, tüm gelişmiş ülkelerde ekonominin lokomotif sektörlerinden biridir. Sektörün ekonomideki sürükleyici etkisinin nedeni, diğer sektörlerle olan çok yakın ilişkisidir. Otomotiv sanayi, demir-çelik, petro-kimya, lastik gibi temel sanayi dallarında başlıca alıcı ve bu sektörlerdeki teknolojik gelişmenin de sürükleyicisidir. Turizm, altyapı ve inşaat ile ulaştırma ve tarım sektörlerinin gerek duyduğu her çeşit motorlu araç sektör ürünleri ile sağlanmaktadır. Bu nedenle sektördeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir.



Şekil 3.1: Otomotiv Sanayinin Diğer Sektör ve Gruplarla İlişkisi

Kaynak: T.C Başbakanlık D.P.T., 9. Kalkınma Planı 2007-2013, Otomotiv Sanayii Özel İhtisas Komisyonu raporu, 2006

Günümüzde otomobil tasarım ve üreticileri, üretim (teknik uzmanlığı ve çevresel etkileri azaltma konusunda) sorumluluğunu tedarikçilerle paylaşmaktadırlar. Üretim ve dağıtımda tedarik zinciri yönetimi ve bilgi yönetimi önem kazanmıştır. Sektörün üç önemli

Üretim bölgesine göre öncelik değerlendirmesi yapılacak olursa; ABD’de çalışanların sağlık ve güvenliğine önem verilmekte ve emisyon yasalarına uyulmaktadır. Japonya’da ürünlerin ve atıkların depolandığı alanları minimize etme çabalarına odaklanılmıştır. Avrupa’da ise yeşil üretim önceliklidir.

Otomotiv sanayinin kendine has birtakım özellikler vardır. Bunlar (:T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilat,2006,Ankara)

- Uzay-havacılık sanayinden sonra, önemli mühendislik alanlarını içeren karmaşık ve çok disiplinli bir teknoloji gerektirmektedir
- Motorlu taşıt aracı; niteliği, malzeme yapısı, prosesi, teknolojisi ve üretim yeri farklı olan 5.000 dolayında parça grubunun, ortak kalite yönetimi ve verimlilik anlayışı ile üretimi ve bir araya getirilmesi ile ortaya çıkmaktadır
- Bir motorlu aracın üretimi ve trafiğe çıkabilmesi için güvenlik, trafik ve evre ile ilgili 50 dolayında küresel teknik mevzuata uyumu ve bunun belgelendirilmesi zorunludur. Ayrıca, isteğe bağlı olarak uygulanabilen 100 dolayında diğer uluslararası mevzuat bulunmaktadır. Bu mevzuat, teknolojiadaki gelişmelere bağlı olarak sürekli yenilenmekte ve özellikle evre ile ilgili geliştirilen yasa hazırlıkları, sektörü büyük baskı altında tutmaktadır
- Pazardaki yoğun rekabet nedeni ile müşteri tatmini, teknolojik gelişme, tasarım ve yeniliklerle ile sağlanmaktadır. Bu nedenle sektörde, yoğun Ar-Ge ve sürekli gelişme esastır
- Otomotiv sektörü kendisi dışında, ham madde ve yan sanayi ile otomotiv ürünlerinin tüketicie ulaşmasını sağlayan ve bunu destekleyen pazarlama, bayi, servis, akaryakıt, finans ve sigorta sektörlerinde geniş iş hacmi ve istihdam yaratmaktadır. Sektör, savunma sanayinin gelişmesinde ve teknolojik düzeyin yükselmesinde de önemli katkıya sahiptir.

3.1.1. Sektörün dünya ekonomisi ve AB ülkelerindeki durumu

Otomotiv sektörü, dünyanın en büyük yatırımlarının gerçekleştiği alanlardan birisidir. Endüstride, Ar-Ge ve üretim kapsamında her yıl 85 Milyar Euro'luk yatırım harcaması gerçekleştirilmekte ve yatırım yapılan ülkelerde 433 Milyar Euro'nun üzerinde vergi geliri sağlanmaktadır. Otomotiv sektörünün 2 Trilyon Euro civarında cirosu bulunmaktadır (OICA 2009 Production Statistics). Bu büyüklük, dünyada ilk sıralarda yer alan sayılı büyüklükteki ülkelerin ekonomisine denk gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, eğer otomotiv sektörü bir ülke olsaydı, dünyanın altıncı büyük ekonomisi olacaktı. Dünya ölçeğinde bu kadar büyük bir paya sahip olan sektör 8 Milyondan fazla insana istihdama sağlamıştır. Bu rakam dünya imalat sektörü istihdamının yüzde 5'inden daha fazladır. Dünya otomotiv sektöründe dolaylı istihdam ile birlikte 50 Milyondan fazla kişinin çalıştığı tahmin edilmektedir (OICA,2009). Dünya otomotiv sanayisinde küresel ölçekte 20 civarında ülkede faaliyet gösteren yaklaşık olarak 50 adet motorlu taşıt üreticisi firma bulunmaktadır. Üretim genel olarak otomobil ve ticari araç olarak sınıflandırılmaktadır. Yapılan üretimin yüzde 90 gibi büyük çoğunluğunu otomobil ve kamyonetlerden oluşan hafif araçlar sınıfı oluşturmaktadır. Otomobil sınıfına göre nispeten az olan diğer araç sınıfları (minibüs, midibüs, otobüs, kamyon, çekici vb.) ise istatistiklerde ticari araçlar olarak anılmaktadır.

Toplam üretimin sürekli olarak arttığı ancak son yıllarda yaşanan küresel ekonomik krizle birlikte üretimin düştüğü gözlemlenmektedir. 2008 yılında gerçekleşen 70,5 Milyon araç üretimi 2009 yılında %12 oranında azalarak 61,7 Milyon adede gerilemiştir. Ancak krizin etkilerinin azalmasıyla birlikte dünya motorlu araç üretimi 2010 yılında 77 Milyon seviyesine ulaşmıştır (Bayrakçıken,2005,s11).

Dünyada 2005–2009 yılları arasında ülkelere göre motorlu araç üretim rakamlarını gösteren Tablo3.1'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere 2008 yılında dünya üretiminde 15 inci sırada olan Türkiye, küresel krizin etkisiyle azalan üretimi nedeniyle 2009 yılında 17'nci sıraya gerilemiştir.

Tablo 3.1: Dünyada Motorlu Araç Üretim Rakamları

	2005		2006		2007		2008		2009	
1	ABD	11.946.653	Japonya	11.484.233	Japonya	11.596.327	Japonya	11.575.644	Çin	13.790.994
2	Japonya	10.799.659	ABD	11.263.986	ABD	10.780.729	Çin	9.299.180	Japonya	7.934.516
3	Almanya	5.757.710	Çin	7.188.708	Çin	8.882.456	ABD	8.693.541	ABD	5.708.852
4	Çin	5.708.421	Almanya	5.819.614	Almanya	6.213.460	Almanya	6.045.730	Almanya	5.209.857
5	G. Kore	3.699.350	G. Kore	3.840.102	G. Kore	4.086.308	G. Kore	3.826.682	G. Kore	3.512.926
6	Fransa	3.549.008	Fransa	3.169.219	Fransa	3.015.854	Brezilya	3.215.976	Brezilya	3.182.617
7	İspanya	2.752.500	İspanya	2.777.435	Brezilya	2.977.150	Fransa	2.568.978	Hindistan	2.632.694
8	Kanada	2.687.892	Brezilya	2.611.034	İspanya	2.889.703	İspanya	2.541.644	İspanya	2.170.078
9	Brezilya	2.530.840	Kanada	2.572.292	Kanada	2.578.790	Hindistan	2.332.328	Fransa	2.047.658
10	UK	1.803.109	Meksika	2.045.518	Hindistan	2.253.729	Meksika	2.167.944	Meksika	1.561.052
11	Meksika	1.684.238	Hindistan	2.019.808	Meksika	2.095.245	Kanada	2.082.241	Kanada	1.490.632
12	Hindistan	1.638.674	UK	1.648.388	UK	1.750.253	Rusya	1.790.301	İran	1.395.421
13	Rusya	1.354.504	Rusya	1.508.358	Rusya	1.660.120	UK	1.649.515	UK	1.090.139
14	Tayland	1.122.712	İtalya	1.211.594	Tayland	1.287.346	Tayland	1.393.742	Tayland	999.378
15	İtalya	1.038.352	Tayland	1.194.426	İtalya	1.284.312	Türkiye	1.147.110	Çek C.	974.569
16	Belçika	926.528	Türkiye	987.780	Türkiye	1.099.413	İran	1.051.430	Polonya	884.133
17	Türkiye	879.452	Belçika	918.056	İran	997.240	İtalya	1.023.774	Türkiye	869.605
18	İran	817.200	İran	904.500	Çek C.	938.648	Çek C.	946.567	İtalya	843.239

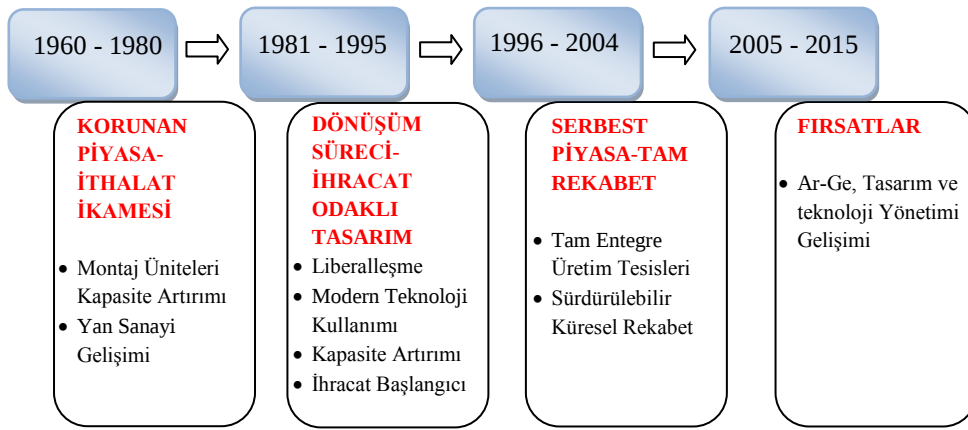
Kaynak: T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Otomotiv Sektörü Raporu, 2011

Sektörün dünya ekonomisi içerisindeki önemi, yıllar içerisinde üretim ve tasarım konusunda önceliklerini değiştirmiştir. Tasarımda günümüzde yaşanan trendler (Poon, 2010, s14);

- Aracın ağırlığını azaltma
- Demir ve alaşımlarından mümkün olduğunca uzaklaşarak alüminyum, magnezyum, plastik ve kompozit malzemelere yönelme
- Motor ve alternatif yakıtları araştırma (nedeni artan sera gazları ve enerji kullanımıdır): Daha etkin benzin ve dizel motorlar, Elektrikli araçlar, Hibrit araçlar, Hidrojen yakan araçlar
- Akıllı ve çekici malzemeler kullanma
- Çevreye duyarlı tasarım yapma
- Ürünün yaşam döneminin sonunu tasarlama (Çünkü yasalar imalatçıları, tedarikçileri, ayrıştırıcıları zorlamaktadır.)

3.1.2. Sektörün Türkiye’deki durumu

Türkiye’de otomotiv sektörü 1960’lı yıllardan itibaren önemli gelişmeler kaydetmiştir. Sektör, 1990’lı yıllarda ihracata yönelik rekabetçi bir nitelik kazanmış ve 1990’lı yılların sonlarına doğru Türkiye’de dünyanın önde gelen otomotiv firmalarının Türk ortaklarla kurdukları tesislerle birlikte yerli firmalar önemli bir konum elde etmişlerdir. Bunlardan bazıları ortak oldukları yabancı otomotiv firmalarının ihracat üssü haline gelmiştir (TC Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Otomotiv Sektörü Raporu, 2011).



Şekil 3.2: Türkiye’de (1960-2015) Yılları Arasında Sektörde Yaşanan Değişim

Kaynak: TC Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Otomotiv Sektörü Raporu, 2011

İhracatta yaşanan bu büyüme, önde gelen üreticilerin Türkiye’deki tesisleri küresel üretim planlarına dâhil etmesiyle ortaya çıkmıştır. Küresel ve bölgesel satış amacıyla her geçen gün daha çok sayıda model Türkiye’de üretilirken, ülkede üretilmeyen diğer araçlar ise ithal edilmektedir. Türkiye’nin bu şekilde küresel üretim planlamasına dâhil olması, AB ile yapılan ve 1996’dan beri yürürlükte olan Gümrük Birliği ile mümkün olmuştur.

Bugün gelinen noktada, üretim ve pazarlama alanlarında küresel entegrasyon büyük oranda tamamlanmıştır. Otomotiv sektörü, üretimde kalite yönetimi ve verimlilikteki yetkinliğini, küresel ve gelişmiş pazarlara yaptığı ihracat ile kanıtlamıştır.

Türkiye otomotiv sektöründe uygulanan üretim yöntem ve teknolojileri, uluslararası düzeyde ana firmaların kullandıkları yöntem ve teknolojilerle eşdeğerdedir.

Türkiye otomotiv pazarına ilişkin, son dokuz yıldaki en yüksek değerini 2010, en düşük değerin ise 2002 yılında yaşandığı söylenebilir. 1998 yılında 481 bin adet olan toplam otomotiv pazarı 2000 yılında 656 bin değerine çıkmıştır. 2001 ve 2002 yıllarında 200 bini aşamayan pazar 2003–2005 yılları arasında artarak 759 bine çıkmıştır. 2006, 2007 ve 2008 yıllarında ise pazarda daralma yaşanmıştır. Ancak yaşanan daralmaya rağmen 2009 yılında yapılan ÖTV indiriminin etkisi ile bu yılın pazar rakamı 2008 yılına göre yüzde 9,4 artarak 576 bin adet düzeyinde gerçekleşmiştir. 2010 yılında ise sektör en yüksek pazar rakamlarına ulaşmış ve 793 bin adet seviyesine yükselmiştir (Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2011-2014).

Otomotive sektörü Türk imalat Sanayi'nin lokomotifidir. Bunun nedeni yukarıda belirtildiği gibi diğer sektörlerle olan yakın ilişkisi ve yarattığı katma değerdir (Marangoz, 2004, s 85).

3.2. Otomotiv Sektöründe Çevreye Duyarlı Tasarım Uygulamaları

Çevreye duyarlı tasarımda temel düşünce, geliştirilmiş ürün tasarımı sayesinde tüm ürün yaşam döngüsündeki çevresel etkilerin azaltılmasıdır. Yani ürün tasarım ve geliştirilmesinde çevreyle dost çözümlerin araştırılmasıdır. Bu yaklaşımda ürün, yaşam döneminin tümüyle bütünleştirilmiştir ve hem çevresel hem de ekonomik özellikler göz önünde bulundurulmaktadır. Özet olarak çevreye duyarlı tasarım için, insan arzu ve ihtiyaçlarını tatmin edecek sürdürülebilir çözümler yaratmak amacıyla ürünlerin geliştirilmesinde çevresel değişkenlerin ve bütünleşik çok yönlü tasarım özelliklerinin birlikte değerlendirilmesidir denilebilir (Luttropp ve Karlsoon, 2006, s1293).

Bu yaklaşımın günümüzde önem ve değer kazanmasının nedeni artan çevresel tehditlerdir Çevresel tehdit, hem ürün hem de hizmetlerin tüketiminde ve üretiminde giderek artmaktadır. Özellikle dünyanın gelişmiş bölgelerindeki kaynak yoğun yaşam tarzı, gelişmekte olan ekonomilerdeki hızlı büyüme, gelişmiş ülkelerdeki yaşlı nüfus, gezegendeki bölgeler arasındaki ekonomik eşitsizlik, ürünlerin giderek kısalan yaşam dönemleri artan tehdidin nedenlerinden bazılarıdır (Maxwell,ve diğ., 2006,1469).

Çevre yorumcuları, ürünün fonksiyonel geliri yanında, yarattığı çevresel maliyetin yükü üzerinde de durmaktadırlar. Ürün geliştirme sürecinin tamamlayıcı bir parçası olarak

görülmesi gereken çevresel konuları ve sürdürülebilirliği motive edebilmek için tehditlerin göz önünde bulundurulması önemlidir (Luttrupp, ve, Lagerstedt, ,2006, s1402)

Çevreye duyarlı tasarımı motive eden faktörler, çevresel faydalar yaratmanın yanında firmalara, maliyet tasarrufu sağlayabilir, rekabet avantajı kazandırabilir, imajlarını zenginleştirebilir, ürünlerin kalitesini artırabilir ve yasal beklentilere cevap verebilirler. Günümüzde birçok büyük firma çevreye duyarlı tasarımı, kamuoyu oluşturma, imaj yaratma, organizasyonu sağlamlaştırma, rekabetle başa çıkma yolu olarak görmektedirler.

Yarattığı çevresel kirlilik, bu olumsuz duruma tüm dünyada artan ilgi, sektöre yönelik yasal engeller, otomotiv sektörünün dünya çapında yeniden yapılanmasına neden olmuştur. Yeni çevreye duyarlı stratejiler, ağda yer alan aktörlerin yeniden organizasyonuna yol açmıştır (tüketim ve üretim sistemlerine yönelik). Bu anlamda Kuzey Amerika ve Avrupa da ki firmalarda kabul gören stratejiler (bu stratejilerin amacı pazar paylarında sürdürülebilirliği ve korumayı sağlamaktır) organizasyonel ve teknik yeniliklere odaklanmıştır. Bu yenilikler özellikle çevre yönlü konsept otomobillerin geliştirilmesi ve ticarileştirilme ve kavramsal tasarım arasındaki zaman aralığının daraltılmasına yöneliktir (Borchardt ve diğ,2009,s1002).

Otomotiv sektöründe önceleri hedef, kaliteyi yükseltme, çevresel etkiyi azaltma iken. Daha sonra eş zamanlı mühendislik metotlarından destek alan çoklu disiplin yaklaşımıyla araştırma, tasarım ve üretim çabalarının, çevresel kavramlarla bütünleştirilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Bu yapılanlar zaman ve para kaybına neden olan çabalardan kaçınılmasını, üretim ve araştırma arasındaki aralığın azaltılmasını, pazarın yenilik taleplerinin karşılanmasını, yasal gerekliliklere yanıt verilmesini sağlamıştır.

Otomotiv sektörü 21.yy da tasarımda mümkün olduğu kadar çevre dostu otomobiller üretmenin yanında mevcut pazarlarını büyütmek için de çaba göstermektedirler. Sektörde çevreye daha az zararlı, karbondioksit salınımı düşük ve maliyetleri düşük otomobil tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum sürekli ürün ve organizasyon yeniliğini, yeşil otomobil ya da çevreye duyarlı otomobil tasarlamayı ve bu hedeflerde denge sağlamayı gerektirmektedir. Bu dengeden sağlanacak en önemli avantaj,

daha başlangıç safhasında çevresel parametrelerle tasarımı bütünleştiren stratejiler uygulamak ve bunu tüm yaşam dönemi boyunca sürdürmektir.

Özet olarak endüstriyel ürünlerde çevreye duyarlı tasarım süreci ve onun otomotiv endüstrisi için önemi şöyle tanımlanabilir: Çevreye duyarlı tasarım çevreyle entegre bir süreçtir. Çevreye duyarlı tasarım, küresel ve yerel sorunlarla başa çıkılması ve tüketicilerin beklentilerini tatmin edilmesini sağlayan stratejik bir yaklaşımdır.

3.3. Otomotiv Sektöründe Çevreye Duyarlı Malzeme Seçimi

Bu yaklaşım malzeme seçiminden, yaşam dönemi sonunda aracın elden çıkarılıp geri dönüşüme tabi tutulmasına kadar eko tasarım düşüncesini benimseyen eş zamanlı mühendislik metotları anlamına gelmektedir. Bu süreç işletmenin rekabetçi stratejilerinin bir parçası olarak ürün geliştirilirken, bütünleşik çevresel kriterlerin göz önünde bulundurulması anlamını taşımaktadır.

Eko tasarım uygulamaları çevresel sınırlamalarla birlikte, firmaların tasarlayabildikleri otomobilin şekline göre de değişir. Çünkü burada çevresel değişkenler ve onları ön görme yeteneği önemli rol oynar. Çevreyle dost kavramı, günümüzde malzeme seçiminde önemli kriter haline gelmiştir.

Temiz ve geri dönüşümlü malzemeler otomobilin çevresel kalitesi için gereklidir. Yakın gelecekte de önemini koruyacaktır. Malzeme seçimi, tasarım araştırmalarının en güçlü çevresel araçlarından birisidir. Clark ve Ashby'ye (2001) göre; malzeme seçiminde dört temel değişkenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İlki ürünün teknik performansı, ikincisi ekonomik performansı, üçüncüsü çevresel performansı ve dördüncüsü ise ürünün endüstriyel tasarım kolaylığı ve fonksiyonelliğidir. Bu değişkenler firma, ürün, pazar ve sosyal çevreyi göz önünde bulundurmaktadır. Çünkü malzeme seçimi çok yönlü değerlendirilmesi gereken bir konudur.

Otomotiv endüstrisinde de malzeme seçiminin optimizasyonu, karmaşık ve güç bir iştir. Çünkü otomobil yaklaşık 20.000'den fazla parçaya sahiptir. Ayrıca aracın yaşam dönemi sonunda, üretilecek yeni otomobilde direkt olarak kullanılamayacak birçok malzeme söz konusudur. Geri dönüşümlü otomobillerden elde edilen bir birine bağlı bu

kompleks malzeme çevirimleri (döngüleri) ekonomik olduğu kadar teknolojik olarak da optimize edilmelidir.

Çevresel malzeme seçiminde ilk adım, yaşam dönemi sonunda aracın sökülmesini kolaylaştırmak ve etkin malzeme geri dönüşümü sağlamaktır. Malzeme seçimi asla kolay bir iş değildir. Gerçekte farklı proje ve hedeflere bağlı olarak ikilemler yaşanabilir. Kavramsal tasarımdan, detaylı tasarıma kadar kullanılabilecek çevreye duyarlı tasarım araç ve metotlardan bazıları şunlardır: DFE (Çevre için tasarım) DFR (Araştırmalar için veri sağlama), DFD (Veri akışını sağlama), LCA (Yaşam döngüsü değerlendirmeleri) ve Eko belirleyicilerdir (Heloisa,2006,s3). Bu metotlar çevresel talepler karşısında otomobil projeleri için verilecek kararlardaki ikilemlerin üstesinden gelmek amacıyla göz önünde bulundurulmaktadır. Bu ikilemler olabildiğince yüksek oranda geri dönüşümlü malzeme kullanılan bir otomobilin nasıl geliştirileceği ve bu malzemelere nasıl ulaşılabileceği konusundadır.

Geri dönüşümlü malzeme her zaman çevreye duyarlı malzeme anlamına gelmez. Çevreye duyarlı malzeme seçmenin en doğru yolu LCA yaklaşımını kullanarak ürünün yaşam döneminin tümünü göz önünde bulundurmadır. ISO'nun 14040 (Yaşam Boyu Değerlendirme Standardı) LCA uygulamaları, otomobil projelerini geliştirme esnasında çok kullanılır. Avrupa'da otomobil firmaları çevreye duyarlı tasarım uygulamalarına kalıcı olarak yerleştirilecek tasarım araçları, kalite ve çevre ölçümleri, tasarım değerlendirmeleri, para ve zaman kombinasyonu, tüm bu değişkenleri birleştirme konusunda uzman hale gelmişlerdir. AB çevre yasaları araçların geri dönüşümlerini göz önünde bulundurmaktadır. ELV3 (Directive 2000 53/EC) (Ömrünü tamamlamış araçlar) ile sıkı bir geri dönüşüm hedefi oluşturulmaktadır. Bu hedefler kısa dönemde geri dönüşüm sistemleri ve materyal seçiminin optimizasyonu ile ilgilidir. İlave olarak yasalar, proje uygulamaları ile tasarımda kullanılan araç standartlarının birleştirilmesi konusunda önerilerde bulunmaktadır.

Çıkarılan çevre yasalarının amacı, araçların ve tamamlayıcıların yaşam dönemi sonunda geri dönüşüm, yeniden kullanım ve ayrıştırılması konusunda yol göstermek ve geri dönüşümlü malzemeleri yeni araçların üretimi, tasarımıyla birleştirmektir. Gerçekleştirilecek iyileşme, geri dönüştürme, yeniden kullanma için belirlenmiş sayısal

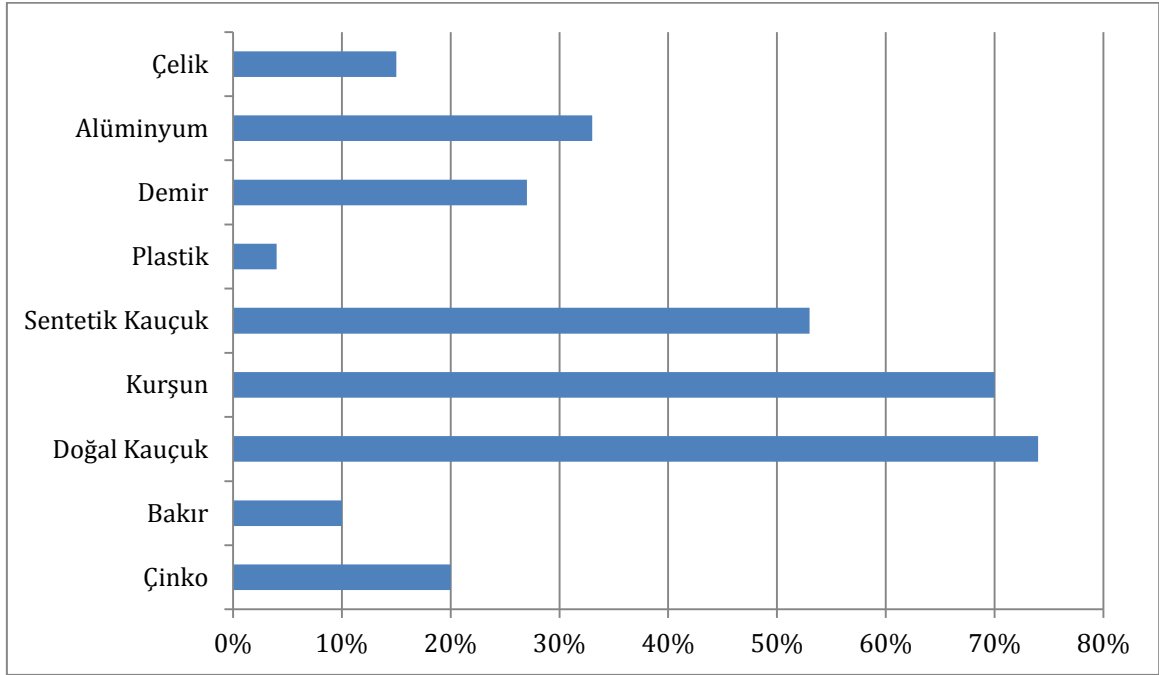
hedeflere ulaşacak şekilde üreticilerin araçlarını tasarımlarını ve üretimlerini sağlamaktır.

Yasalar aynı zamanda geri dönüşümlü malzemelerin pazarını teşvik etmek için geri dönüşümün ekonomik avantajının göz önünde bulundurulmasını, geri dönüşümlü malzeme pazarlarının geliştirilmesini teşvik etmektedir.

Çevre yasalarında ayrıca minimum teknik ihtiyaçla yaşam dönemi sonundaki araçların en iyi çevresel uygulamalara göre işlenmesi yer almaktadır. Yine otomobilden zararlı maddelerin kademeli olarak kaldırması için direktifler sunmaktadır. Örneğin yasada sadece pil değil aynı zamanda kurşun içeren bakır, alüminyum ve çeliğin ihtiva ettiği zararlı maddelerin kaldırılması ile ilgili düzenlemeler yer almaktadır.

Gerek çıkarılan yasaların gerekse firmaların çevreye duyarlı tasarım uygulamalarının amacı ürün geliştirme ve projelerle, çevresel kriterleri bütünleştirmektir. Bu, zaman, güvenlik, kalite, maliyet gibi temel proje gereklilikleriyle çevresel ihtiyaçları dengelemek anlamına gelir. Yani ürün önce tasarlanmalı ve tüketici tarafından etkin şekilde kullanılabilmeli ve sonra sökülebilmeli ve geri dönüştürülebilmelidir.

Sonuç olarak çevreye duyarlı tasarımda, otomobil gibi karmaşık bir ürün için çok kolay olmasa da tüm yaşam dönemi boyunca çevresel etkini minimize edilmesi amaçlanır. Şekil 3.3'te otomobil üretiminde kullanılan malzeme ve oranları gösterilmeye çalışılmıştır. Avrupa da ki otomobil firmalarının, malzeme seçiminde çevresel yaşam standartlarına uymak (ELV ve 14000) zorunluluğu vardır. Dolayısıyla bu firmalar sadece geleneksel tedarikçilerle değil aynı zamanda malzeme üretici ve geri dönüştürücülerle de ortak strateji geliştirme konusunda çaba harcamaktadırlar. Bu paydaşların, bütünleşik verileri ve yazılımları paylaşarak yeni modelleri birlikte tasarladıkları anlamına gelmektedir.



Şekil 3.3: Otomobilde Kullanılan Malzemeler ve Oranları

Kaynak: U.S. Department of Energy

3.4. Otomotiv Sektörünün Yarattığı Çevresel Etkiler (Kirlilik)

Otomotive endüstrisinde çevre uygulamaları uluslararası kurallara göre düzenlenmektedir. Otomotiv sanayinin çevreye olan etkileri iki aşamada ele alınabilir. Bunlardan biri üretim aşamasındaki çevresel etkiler, diğeri de ürünün kullanım ömrü boyunca oluşturduğu çevresel etkilerdir (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 9.Kalkınma Planı, 2006).

Üretim Aşamasındaki Çevresel Etkiler:

Üretim prosesleri arasında çeşitli farklılıklar bulunması sebebiyle oluşan çevresel etkilerde de farklılıklar mevcuttur. Bununla birlikte genel olarak ortaya çıkan etkiler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

Atmosferik Emisyonlar; Sektördeki en belirgin emisyon etkisi boya operasyonlarından kaynaklanan uçucu organik bileşiklerdir. Genel olarak sektörde doğal gaz kullanılması sebebi ile yanma neticesinde ortaya çıkan diğer emisyonlar ihmal

edilebilir seviyelerdedir. Bununla birlikte kazan, fırın ve yakma tesislerinde yanma sonucunda ortaya çıkan ve sera etkisi olan CO₂ emisyonu da önem arz etmektedir.

Atıklar; Gerek proseslerden ve gerekse sosyal ihtiyaçlar sonucu ortaya çıkan atıklar genel olarak iki grup altında toplanabilir. Bunlar;

Evsel nitelikli endüstriyel atıklar; Ambalaj atıkları (kağıt,karton, ahşap malzeme, naylon, vb.), metalik atıklar (atık sac, metal talaşları,), beslenme atıkları başlıca atıklardır.

Tehlikeli endüstriyel atıklar; Boya çamuru, fosfat çamuru, atık yağ, kontamine eldiven, bez, kontamine ambalajlar, akü, kimyasal arıtma çamurları, elektronik atıklar, neon tüpler, mastik, metal çamurları, çeşitli proseslerden çıkan filtreler sektörde çıkan başlıca atıklardır.

Atık sular; Üretim aşamasında oluşan atık sular da evsel nitelikli ve kimyasal içerikli olarak iki grupta ele alınabilir. Evsel nitelikli atık sular yemekhane, duşlar ve tuvaletlerden gelen suları içerir. Kimyasal nitelikli atık suların başlıca kaynağı ise yüzey işlem, boya ve su şartlandırma prosesleridir. Bu atık sulardan kaynaklanan kirlilik parametrelerinin başlıcaları: Kimyasal oksijen İhtiyacı, biyolojik oksijen İhtiyacı, askıda katı maddeler ve çeşitli ağır metallerdir.

Ürünün Kullanım Ömrü Boyunca Oluşan Çevresel Etkiler:

Atmosferik Emisyonlar; Aracın kullanımı esnasında ortaya çıkan egzoz gazları hava kirliliği açısından önem taşımaktadır. Sürekli olmamakla birlikte çeşitli sebeplerden dolayı araca yapılan boya rötuşları esnasında da uçucu organik emisyonlar ortaya çıkar.

Atıklar; Aracın kullanım ömrü boyunca bakım ve onarım esnasında ortaya çıkan atıklar, yağ ve hava filtreleri, atık yağlar, aküler, atık lastik, antifrizdir.

Atık Sular; Aracın temizliği sonrasında ortaya çıkan suların miktarı yıkama şekline bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte genelde deterjan içerikli olduğu için biyolojik olarak doğada kolaylıkla parçalanabilen bileşiklerden oluşur. Ancak en önemli

etken, kayıt dışı servis ve tamirhanelerden çıkan kimyasal atıkların (yağ, antifriz, vb.) kontrolsüz olarak kanalizasyona deşarj edilmesinden kaynaklanan su kirliliğidir.

3.5. Otomotiv Sektöründe Çevresel Uygulamalar

Otomotiv endüstrisi rekabetin yoğun olduğu bir pazarda yer alır. Üretim ve satış dünya çapında gerçekleşir. Araçların üstün teknolojik özelliklerinden dolayı hata payı düşüktür. Bu faktörler eko tasarım uygulamalarını sınırlandırıcı etki yaratabilmektedir.

Doğal kaynaklar açısından araçların çevresel dengesi her zaman negatif olmuştur. Uzmanlara göre, bir aracın üretimi yaklaşık 15 ton hammadde çıkartmayı gerektirir. Bu bir otomobil ağırlığının 10 katıdır. Üretim esnasında çok miktarda malzeme kullanılır. Bir otomobil imal etmek için yaklaşık 40.000 litre su gereklidir. Kullanımları sırasında, yakıt ve yağ tüketirler. Çoğunlukla bunlar yenilenemez fosillerden elde edilen kaynaklara dayanır. Bu yakıt ve yağlar çevresel kirleticiler haline dönüşür. Buna ilaveten her araç çoğu geri dönüştürülemeyen lastik malzemeler kullanır. Ayrıca önemli miktarda hava kirliliği yaratır. Bunun nedeni karbondioksit (temel sera gazı) sülfür dioksittir (asit yağmurlarına katkı sağlar). Araçların aynı zamanda yaşam dönemi sonunda geri dönüşümü zor olabilir. Çünkü çok çeşitli çok farklı ve çeşitli malzemeler (Metaller, elektrik ve elektronik ürünler vb.) kullanılır. Ayrılması zor ve maliyetlidir.

Yukarıdaki bu algı ve endişelere yanıt olarak otomobil üreticileri endüstriyi çevreyle dost yapmaya çalışmaktadırlar. Son yıllarda otomotiv endüstrisinin yüksek performanslı, hibrit motorları geliştirmesi, yine imalatın büyük bir kısmında geri dönüştürülebilir kompozit malzemeler kullanması çevresel duyarlılığın neticesidir. Buna ilaveten çoğu araçta yenilenebilir biyo yakıtlar, dayanıklılığı yüksek sentetik yağlar (uzun ömürlü) kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisi hem zararlı malzemelerin kullanımının azaltılması konusunda hem de yeniden kullanımı, geri dönüşümü mümkün olan malzeme ve ambalaj miktarının artırılması konusunda çalışmalar yapmaktadır.

Örneğin günümüzde birçok otomobil imalatçısı tedarikçilerinden zararlı malzemeleri belirten listeler istemektedirler. Bu zararlı malzemeler, uygulanan yasa ya da standartlara uygun olmayan malzemelerdir. Beyaz liste kullanılabilecek malzemeleri tanımlar. Gri liste belirli koşullar yerine getirildiği takdirde potansiyel olarak kullanılabilir

olanları belirtir. Siyah liste ise kullanımı yasak olan malzemelerdir (Lutropp ve diğ; 2006, s 1410) .

Firmalar gelecekteki sınırlamalara cevap verebilmek için hareket planları geliştirmektedirler. Ayrıca ürünlerinde kullandıkları malzemelerini uluslar arası veri sistemine kaydetmektedirler (International Material Data Systems). Yine otomobil imalatında kullanılan tüm malzemelerin yer aldığı bir veri bankası oluşturmaktadırlar.

Tüm bu veriler imalatçıların bu kayıtlarda tedarikçilerin siyah ve gri listeler ve sapmaların olup olmadığı konusunda bilgilendirme ve doğru stratejiler belirleme amacı taşımaktadır.

Sektör temsilcileri AB yasalarını yakından takip etmektedirler. Yapılan çalışmalar ve edinilen tecrübelerle hem sektör hem de çevre temsilcileri birlikte çevresel etkilerin azaltılması ile ilgili aktivitelerini arttırılmaktadırlar. Başta binek otomobil üreticileri olmak üzere özellikle uçucu organik bileşiklerin azaltılması konusunda yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Su bazlı boyaya geçişle ilgili yapılan ve yapılmaya devam eden proseslerin dışında, solvent tüketimini azaltmaya yönelik faaliyetler de yürütülmektedir. Bunun yanı sıra solvent tüketiminin kaçınılmaz olduğu proseslerde de yakma tesislerinin kurularak uçucu organik emisyonların azaltılması çabası, bazı fabrikalarda halen uygulanan ve bazı fabrikalarda da yatırımı planlanan aksiyonlardan biridir. Enerji tasarrufuna yönelik yapılan önemli faaliyetler de CO2 emisyonlarının azalmasında önemli bir etkidir. Sektörün tamamında Çevre Yönetim Sistemi uygulanmakta olup, fabrikalarda da sistem ISO 1400 (Environronmental Management Standard) normuna uygun olarak belgelendirilmiştir. Bu sistem dahilinde oluşturulan atık yönetim sistemi kapsamında atıklar kaynakta ayrıştırılmakta ve yasal mevzuatlara uygun olarak geri kazanım ve bertaraf tesislerine gönderilmektedir. Bu tesisler fabrikaların çevre sorumluları tarafından periyodik olarak ziyaret edilerek atıklara uygulanan süreçler takip edilmektedir. Ayrıca proseslerde alınan tedbirlerle atık miktarının ve kirlilik oranının azaltılmasına yönelik çalışmalar sürdürülmektedir. Sektörün tamamında çıkan kimyasal atık sular için fiziksel – kimyasal atık su arıtma tesisi mevcuttur. Evsel atık sular ise bazı fabrikalarda biyolojik arıtmaya tabii tutulmaktadır. Arıtma tesislerinden çıkan sular düzenli periyotlarda akredite laboratuarlara analiz ettirilerek izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Tüketilen

suyun azaltılmasına ilişkin yapılan çeşitli faaliyetlerle atık su miktarı ve daha az kirletici unsuru olan kimyasal ürünlerin kullanımına geçerek atık suyla taşınan kirliliğin azaltılmasına çalışılmaktadır. Ürünün kullanım ömrü boyunca oluşan çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik alınan tedbirler şöyledir; atmosferik emisyonların kontrolü amacı ile öncelikle aracın tasarımında yapılan değişikliklerle egzoz emisyonlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Helosia, 2006, s1).

Kullanım ömrünü tamamlayan ya da kaza vb. nedenlerle kullanım dışı kalan araçların bertarafına ilişkin çalışmalar iki aşamada ele alınmaktadır;

Tasarım aşaması: Aracın tasarımında bazı ağır metallerin kullanımı kısıtlanarak ya da yasaklanarak bertaraf aşamasında geri kazanım oranının artırılması.

Bertaraf aşaması: Aracın geri kazanılabilen malzemelerinin ayrıştırılarak kalan malzemelerin uygun tesislerde bertarafının sağlanmasıdır.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere çevre, otomotiv endüstrisinde günlük yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olarak yer almaktadır. Özellikle endüstrilerin lokomotifleri olan sektörde en önemli kriterlerden birisinin çevre olması, AB Direktiflerini takip ve uygulamaya yönlendirmektedir.

3.6. Renault'un Geri Dönüşüm Stratejisi ve Tasarım Uygulamaları

3.6.1. Renault'un araştırma konusu olarak seçilme nedeni

Ekonominin öncüsü olarak değerlendirilen ve katma değeri yüksek olan bu güçlü sektörün araştırma konusu olarak seçilmesinin nedenlerini şöyle sıralayabiliriz;

- Otomotiv sektörünün tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin lokomotifleri olarak kabul edilmesi
- Dönemsel olarak değişse de sektörün genellikle güçlü tüketici talebine ve dinamik yapıya sahip olması
- Sektörde üretimin sürekli artması ve yarattığı çevre kirliliğe tüm dünyada ilginin artması

- Otomotivin, Türkiye'nin öncü sektörlerinden birisi olması
- Sektörün ülke ekonomisi açısından stratejik öneme sahip olması
- Otomobilin yaşam dönemi boyunca çevresel etkisinin yüksek olmasıdır

Yine çevreye duyarlı tasarım uygulamalarını araştırma örneği olarak Renault'u seçmemizin sebebi ise, dünyanın her yerinde en fazla tüketiciye ekonomik ve çevreye duyarlı araçlar sunmayı amaç edinmesi, 1995 yılından bu yana otomobillerin yaşam döngülerinin her aşamasında faaliyetlerinin çevresel etkilerini dikkate alan bir yaklaşım sergilemesidir. Firmanın, EIO (Environnemental Investment Organization) dan Avrupa otomotive sektöründe en az CO2 yayan firma ünvanını alması ve 2011'de üretim kategorisinde 'Sürdürülebilir Enerji' ödülünü kazanması da diğer nedenleridir. (www.renault.com,2012)

Firmanın eko tasarım uygulamalarına ve buna uygun malzeme seçimine örnek ürün olarak Renault'un alt markalarından olan Modus seçilmiştir. Nedeni tüm faaliyetlerinde sürdürülebilir kalkınma stratejisine bağlı kalan Renault'un, Modus'un ön panelini üç temel çevre hedefi paralelinde tasarlamasıdır. Bunlar: Geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı, ürünün ekonomik ömrü sona erdiğinde geri dönüşümünün kolaylaştırılması ve kullanılan malzemelerin içeriğindeki maddelerin kontrolüdür.. Ön paneli Renault Otomobil Mühendisliği Departmanı ile imalatçı firma Visteon tarafından ortaklaşa, özel bir geri dönüşümlü malzeme üretimi amacıyla malzeme geri dönüştürme firması (C2P)'nin işbirliği ile tasarlanmıştır. Malzeme cepheden çarpışma durumunda dayanıklılık ve etkinlik yönlerinden Renault standartlarına tamamen uyum göstermektedir. Çamurluk astarları, motor altı koruma kızıağı, arka dingil elemanları ve stepne yuvası gibi Modus'un farklı aksamalarında toplam 18 kg geri dönüşümlü plastik malzeme kullanılmıştır. Modus'un ön panelinin mükemmel geri dönüşüm oranı, geri dönüşüm sürecinde yüksek kullanım kapasitesi ve dayanım özelliği sunan polipropilen malzemelerin kullanımından kaynaklanmaktadır.

Renault ve Visteon ön panelinin tasarımı sırasında ayrıştırılmaları ve hammadde olarak tekrar kullanılmalarını kolaylaştırmak amacıyla, homojen malzemelerin (aynı kimyasal madde ailesine ait olan) kullanımına öncelik vermişlerdir. Her parçanın üzerinde kendisini oluşturan malzemelerin ismi yazılmıştır. Renault tarafından hayata geçirilen,

ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaklaşımı bugün yapısal olarak oluşturulmuştur ve sistematik olarak uygulanmaktadır.

Renault, geri dönüşümlü malzemelerin kullanımını gündeme getiren ve parçalarını doğrudan geri dönüşümlü plastik malzemeler bazında tasarlayan ilk üreticidir. Renault bugün yılda 25 000 ton tüketimle dünyada en fazla geri dönüşümlü polipropilen kullanan markadır. Firmanın otomobillerinin çevreci tasarımında ağırlıklarının %95'i oranında yeniden değerlendirilmelerine olanak veren malzemeleri kullanması, Renault firmasının inceleme konusu olarak seçilmesinin amaca uygun olduğunu göstermektedir.

3.6.2. Renault'un araştırma konusu olarak seçilme amacı

Son yıllarda otomotiv endüstrisi, çevreyle dost, daha kolay kullanılabilen, daha emniyetli, daha rahat modeller arayışının yanında otomobil performansı artırmanın yollarını araştırma çabasına da girmiştir. Çevreyle etkileşim açısından en fazla dikkat çeken sektör otomotivdir. Sosyal, ekonomik ve yasal çevrelerin en fazla ilgilendikleri sektör olması, buna bağlı olarak sektörün çevreye duyarlı tasarım, malzeme seçimi ve geri dönüşüm konusunda artan duyarlılığı, otomobili inceleme konusu olarak seçmemize neden olmuştur. Ayrıca çevresel duyarlılıkla ilgili öncü davranışları Renault markasının ele alınmasına neden olmuştur.

Bu araştırmanın amacı Renault'un Modus markasını ele alarak, firmanın geri dönüşüm stratejilerini ve buna bağlı olarak çevreye duyarlı malzeme seçimlerini, tasarım araçlarını, uygulamalarını belirleyip, sektör ve firma ile ilgili değerlendirmeler yapmaktır.

3.6.3. Renault'u araştırma yöntemi

Araştırma ikinci elden verilerle düzenlenmiştir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Türkiye sanayi strateji belgesi, Devlet Planlama Teşkilatı dokuzuncu kalkınma planı, otomotiv sanayi ihtisas komisyonu raporları, Sanayi Ticaret Bakanlığı otomotiv sektörü raporları ve Otomotiv Sanayicileri Derneği raporlarından derlenen bilgiler sektörün Türkiye ve dünyadaki mevcut durumunu, sektörün stratejik önemini, yarattığı katma değeri belirlemek amacıyla incelenmiştir. Çevreye duyarlı tasarım ve malzeme seçiminin nasıl

gerçekleştirdiği ile ilgili uygulamaya yönelik bilgiler ise firmanın yayınlarından ve bu konuda yapılmış araştırmalar ve incelemelerden elde edilen verilerle analiz edilip, yorumlanmıştır.

3.6.4. Renault'un çevreye duyarlı tasarım stratejisi

Renault'un çevresel organizasyonu, çalışanlarla uzmanlar arasındaki bilgi alışverişinin gelişmesini amaçlayan çapraz fonksiyonlu programların uygulanmasıyla karakterize edilmiştir. Endüstriyel sürecin tümünde, firma, çevre ve onun tüm fonksiyonları bütünleştirmeyi amaçlar. Renault'un ürün yaşam döngüsü stratejisi bu çapraz fonksiyonlu organizasyon tarafından desteklenmektedir. Geri dönüşüm bölümü, malzeme mühendisliği bölümü içerisinde yer almakta ve bütün proje geliştirme çalışmalarına katılmaktadırlar. Geri dönüşüm bölümünde önemli etkiye sahip gruplar yer almaktadır. Bunun nedeni geri dönüşüm stratejisini ve çevreye duyarlı tasarım stratejilerini etkin bir şekilde uygulamaktır.

Geri dönüşümlü otomobil öncelikle yaşam döneminin sonunda geri dönüşüm süreciyle ilişkilidir. Süreç, ön hazırlık ve sökme kapsar. Birinci adım sökme hazırlığıdır. Burada 2000/53'te yer alan zararlı madde ihtiva eden bileşenler çıkartılır ve tüm sıvılar boşaltılır. Örneğin: piller, hava yastıkları, katalitik konvektörler, cıva bakır ve alüminyum ihtiva eden elementlerdir. Daha sonraki adım geri dönüştürülebilen malzemeler ve yeniden kullanılabilen kısımların, sıvı kapları, panelleri, lastikler, camlar, tamponlar çıkartılmasıdır. Bu iki safha otomobil geri dönüşüm ve maliyetini optimize etmede hayati öneme sahiptir (Heloisa,2006, s 2).

Avrupa çevre yasaları geri dönüşüm ve otomotiv malzemeleri ile ilgili sınırlamaları detaylı şekilde ele almıştır. Buna karşılık üretim ve tasarımda yapılacaklar konusunda detaylı bilgiler yer almamaktadır. Otomobil üreticileri müşterilerin diğer talepleri yanında, performans güvenlikle ilgili alanlardaki teknik ve çevresel ihtiyaçları nasıl birleştirileceğini anlama konusunda sıkıntı yaşamaktadırlar. Otomobiller bir yerden bir yere gidebilmek, insanların yaşamlarını daha rahat hale getirebilmek, yaşayabilmek, hatta eğlence için üretilmektedir. Bu durumda her bir otomobil imalatçısının, aracın temel fonksiyonlarını tehlikeye atmaksızın çevreye duyarlı malzeme seçimine rehberlik edecek

proje aktiviteleriyle, çevresel değişkenleri bütünleştirecek araçları geliştirmesi gerekmektedir.

3.6.5. Renault'un çevreye duyarlı tasarım araçları

1990'ların sonunda Renault, firma içerisinde çevresel uygulamalar geliştirmek için "Cap-Eko" oyununu yaratmıştır. Eko oyun vasıtasıyla eğitimin amacı malzeme seçimi, geri dönüşüm ve çevresel denetimi göz önünde bulunduran, özel yetenekleri içine alan ve çalışanların çevresel konularda gelişmelerini sağlamalarına yardımcı olacak bir sistem oluşturmaktır. Burada çalışanların rutin görevleri ile çevresel kavramları bütünleştirmelerini sağlama amacı da yer almaktadır.

Eko Cap'ın ikinci versiyonu 2001'de başlatılmıştır. Burada otomobilin tüm yaşam dönemi boyunca alınan kararların potansiyel etkilerini taşıyan tasarımla, bütünleşik ekolojik kriterleri değerlendirmesini sağlayan proje mühendisliğine ağırlık verilmiştir. 42000'in üzerindeki Renault çalışanı Cap-Eko sistem konusunda eğitilmiştir. Günümüzde Renault'un tasarım ve geliştirme ekibi araç özelliklerinin seçimi, tanımlanması için verileri ve çevreye duyarlı tasarım araçlarını etkin bir şekilde kullanmaktadırlar.

Renault'ta kullanılan tasarım araçları, aracın her bir fonksiyonu için kullanılacak malzemelerin ihtiva ettiği maddeleri tanımlama amacı taşımaktadır. Projede yer alan malzemelerin seçiminin yapılmasından, çevresel zararın yaratılıp yaratılmayacağının tayin edilmesine kadar sürece rehberlik edecek Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarını (Data Sheet) kullanmaktadır. Amaç tehlikeli madde ve malzemelerin insan sağlığı ve çevre üzerinde yaratabileceği olumsuz etkilere karşı kontrol ve gözetim sağlamaktır. Firmada bu bilgi formları 1999'dan beri kullanılmaktadır. Tedarikçilerden elde edilen bu bilgiler Renault'un Tekno Merkezindeki çevreye duyarlı tasarım aktiviteleriyle bütünleştirilmektedir. Yine Tekno Merkezdeki tasarım faaliyetleri: OPERA (Overseas Program For Ekonomik Recycling Analysis) adı verilen bir yazılımla geliştirilmektedir.

Çok güçlü bir ekolojik araç olan OPERA otomobil tasarımında farklı malzeme seçim kriterlerini bütünleştiren bir araçtır. Otomobil tasarımı, malzemenin geri dönüşümünü, plastik uyumluluğu, birleştirme alternatiflerini, yani tüm yaşam dönemini kapsar. Bu yazılım, geri dönüşümde dışsal bilgileri de göz önünde bulundurmaktadır.

Örneğin: Geri dönüşümlü malzemeler için bir pazarın varlığı ve geri dönüşüm maliyet etkinliğini sağlayacak endüstriyel ve teknolojik kapasite vb.

Geri dönüşüm için bilinçli malzeme seçimi, çevreyle dost otomobili garantilemez. Bunu önlemek için Renault, bir LCA takımı oluşturmuştur. Bunlar, proje takımlarıyla paralel çalışıp, çevresel performans açısından yeni modellerin analizinde yer almaktadırlar.

Çevre için harekete geçmek, farklı pazarların çevresel ve ekonomik durumlarını dikkate alarak araçların ve ürün özelliklerinin tasarımından itibaren çevreye olan etkilerini ölçmek demektir. Farklı çevresel etkiler arasında seçim yapmak için, diğer zorunlulukları da unutmadan (satış fiyatı, güvenlik, konfor, azaltılan CO2 vs.), standartlaştırılmış bir yaklaşım olan LCA analizini uygulamaktadır. Bu yaklaşım, madenlerin ve fosil enerjilerin çıkarılmasından, aracın ömrünün sonunda ortaya çıkan atıkların imha ve gömülme ihtiyacına kadar, bir aracın bütün çevresel etkilerinin ölçülmesini sağlamaktadır. Firma çevreye duyarlı tasarım aracı olarak LCA'yı daha düşük maliyetli geri dönüşüm için ayırıştırma kolaylıklarını göz önünde bulunduran, doğru malzeme seçimine rehberlik eden bir araç olarak değerlendirilmektedir.

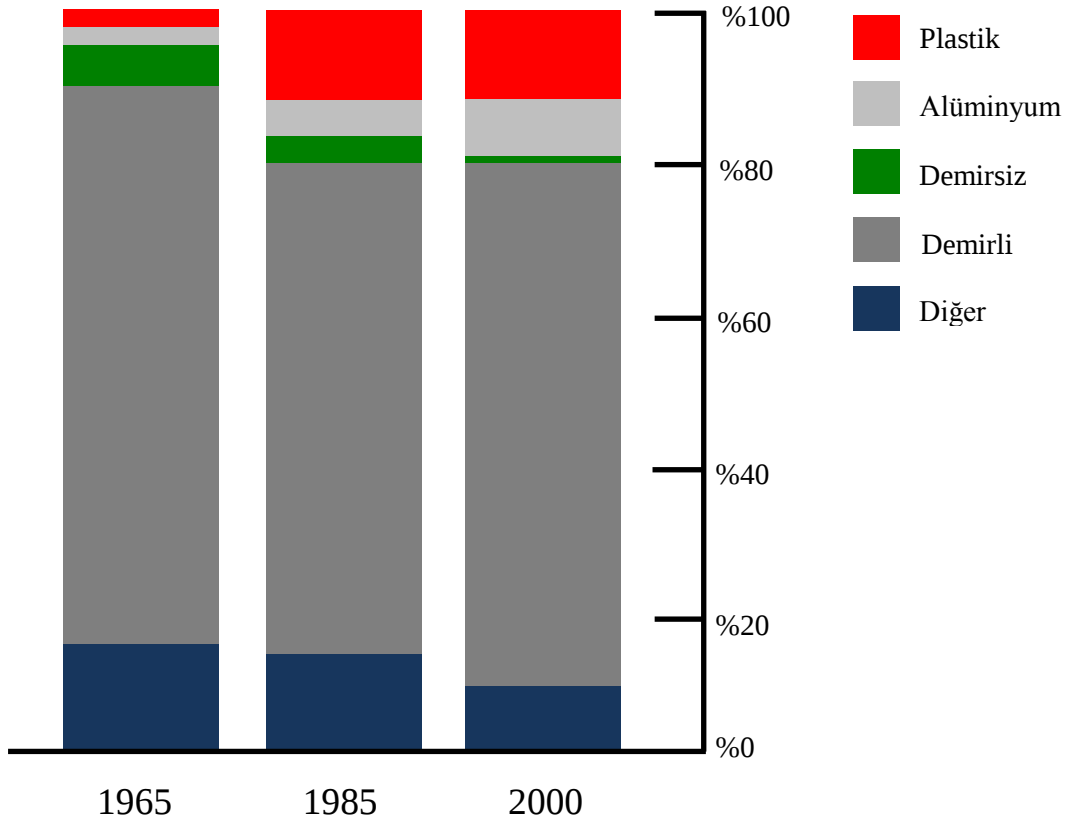
Aynı segmentte yer alan fakat farklı nesillerden araçlar arasında karşılaştırmalar düzenli olarak yapılmaktadır. Yaşam Döngüsü ile sağlanan bu genel vizyon, geniş teknolojiler yelpazesi (elektrikli araç, hibrit motorlar, yakıt pilleri) ile alternatif yakıtların potansiyeli üzerinde daha da hassas çalışmalar yapılmasına olanak vermektedir. Bunlar; sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), basınçlı doğal gaz (GNC), ve günümüzün ve yarınların biyo yakıtlarıdır. Bu alternatif enerjilerin yaygınlaştırılması yerel kaynaklar ve pazarların beklentileri dikkate alınarak yapılmaktadır.

2009 yılında, Renault Vakfı ve Paris Tech (Paris Bilim ve Teknoloji Enstitüsü) birlikte Sürdürülebilir Ulaşım Enstitüsünü kurmuştur. Hedef: elektrikli araçların ve ulaşımın geleceği hakkında araştırma ve eğitim projelerini sürdürmektir. Renault için, üretim merkezlerinin çevre performansı dünyanın her yerinde öncelik taşımaktadır. Bugün itibarıyla, grup bünyesine dahil olan fabrikaların tamamı ISO 14001 onaylıdır.

3.6.6. Renault'ta çevreye duyarlı malzeme seçimi

Malzeme seçimi Renault'un geri dönüşüm stratejisi için esastır. Çevreye duyarlı tasarım uygulamaları amacına ulaşılması için temel aktivitedir. Daha önce bahsedildiği gibi, Renault'ta proje takımı, otomobil projelerinde karşılaşılan temel sınırlandırmaları ve teknik kriterler arasında dengeli malzeme seçimini kolaylaştıran çevreye tasarım uygulamalarına destek sağlamaktadır. Firmada çevreye duyarlı tasarım için malzeme seçimiyle ilgili öneriler ve içsel kurallar geliştirilmiştir.

Bu normlar geri dönüşüm için malzeme seçimine teknik açıdan rehberlik etmektedir. Bunlar yeni modeller için yüksek geri dönüşüm ve yenilenebilir malzeme yanında daha fazla geri dönüşümlü malzeme kullanımına da rehberlik etmektedir. Normlar sadece malzeme türü için değil plastik gibi özel konularda da bilgiler vermektedir.



Şekil 3.4: Otomotivde Plastik Kullanımının Yıllara Göre Değişimi

Kaynak: <http://www.autovinyle.fr>

Şekil 3.4, 1965 ve 2000 yılları arasında kullanılan malzeme miktarlarındaki değişimi göstermektedir. Alüminyum ve plastik malzemelerdeki artış dikkat çekicidir. Renault'un plastik malzemelerle ilgili seçim önceliği polipropilendir. 1990 yılından beri en çok kullandığı malzemedir. Çünkü bu malzemenin geri dönüşüm maliyeti diğer otomobil plastiklerine göre önemli ölçüde etkindir. Bunun yanında geri dönüştürülmüş polipropilen en iyi görünüme sahip malzemelerden birisidir. Mekanik dayanıklılığı da çok iyidir. Bu sebeple İç paneller, çekmeceler, bazı spesifik yarı yapısal malzemelerin, yüksek darbeye dayanması gereken alanlarda bu malzeme kullanılmaktadır.

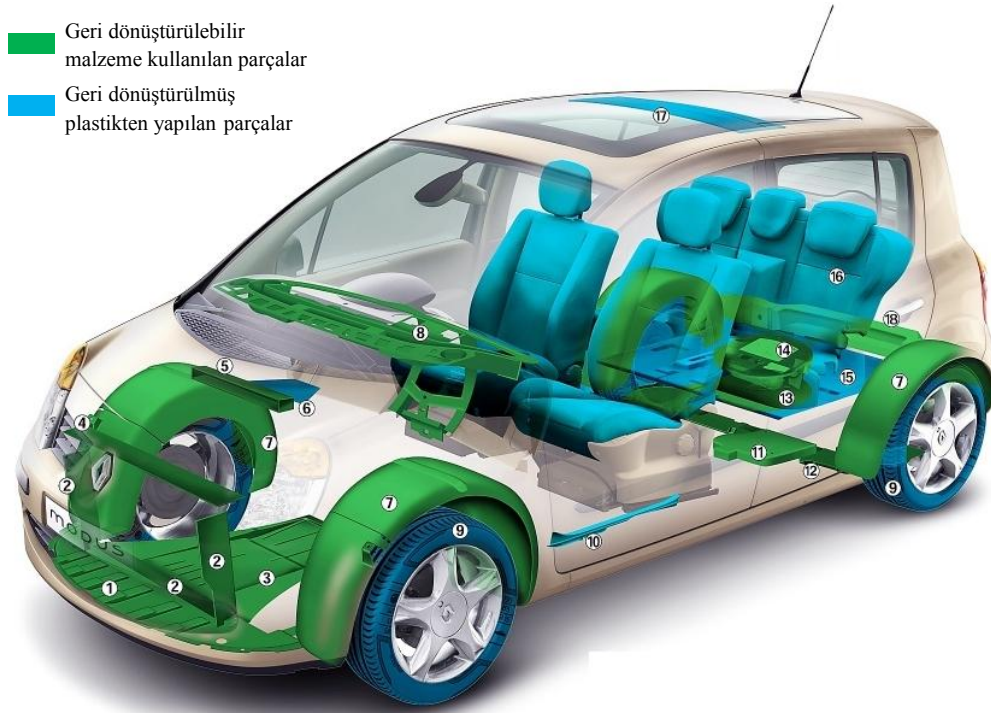
Renault, hem ürünlerde hem de üretim süreçlerinde gerekli malzeme seçimlerinde, kolay çıkartma yöntemleri, geri dönüşüm amaçlı parça sökme işlemleri, kirletici salımlar, tüketim ve CO2 salınımları, üretim prosesleri üzerindeki çevresel etkileri azaltmak amacıyla çevreye duyarlı tasarımı uygulamaktadır. Ayrıca Renault mühendislik merkezleri, 2005'ten bu yana yeni modellerde geri dönüşümden gelen plastik miktarının minimum %5'ten %20'ye çıkarılmasını hedefleyen, çevreye duyarlı tasarım süreçleri geliştirmektedir (<http://www.renault.com/en/capeco2/pages/cap-eco2.aspx>).

3.6.7. Renault'un çevreye duyarlı otomobili: Modus



Şekil 3.5: Renault'un Çevreye Duyarlı Aracı Modus

Renault'un Modusu pazarda yeni bir segment açmıştır. Bu küçük (Compact Mono-Space) otomobil segmentinde, uzmanlara göre çok gelişmiş çevreye duyarlı tasarım araçlarının kullanıldığı ilk modeldir. Kompakt bir pakette MPV (multi pupose vehicle)'nin tüm modülerliğini sunan bir araçtır. Bu küçük aile arabası %95 geri dönüşüm düzeyine ulaştırılmıştır. Bunu OPERA yazılımıyla başarmıştır. Modusun, gösterge panelinin yaklaşık %50 geri dönüştürülmüş polipropilenden (PP) yapılmıştır ve ağırlığı 5gk kadardır (Heloisa,2006,s8).



Şekil 3.6: Renault Modus Geri Dönüştürülmüş/Geri Dönüştürülebilir Parçaları

Modus, kolaylığı ve rahatı maksimize etmek için tasarlanmıştır. Bunu geri dönüşüm kriteri ile birleştirmiştir. Otomobilin içerisine çok sayıda gizli bölme yerleştirilmiştir. Gösterge panelinde, ön zeminde, tabanda ve kapılarda, ön çekmecede çevresel düşünceyle tasarlanmış kısımlar bulunmaktadır. Ön çekmece, ön koltukların altına yerleştirilmiştir ve geri dönüştürülmüş polipropilenden yapılmıştır. Firma geri dönüşüm sürecini kolaylaştırmak amacıyla polipropilendeni birkaç saniye içinde ayrıştırılabilmekte ve tüm elemanları kolaylıkla sökülebilmektedir. Dahası yaşam dönemi sırasında kolaylıkla temizlenebilmektedir.

Renault'un çevreye duyarlı tasarım uygulamalarından elde ettiği önemli kazanımlardan biriside kolay montajdır. Çünkü bir ürün ne kadar kolay sökülürse o kadar kolay monte edilebilir. Firma çevresel gelişmelerden teknik ve ekonomik avantaj elde etmek için araştırmalar yapmaktadır. 2002'de Modus'un fabrikası yenilenmiştir. Çevresel performans değerlendirme ve gösterge sistemi ile çevreye duyarlı tasarım garanti altına alınmıştır. Fabrikada bu monitör sistemi arızayı anında tespit edip düzeltmektedir. Çevreyle ilgili olarak su tüketimi (suyu geri kazanmak ve kimyasal banyoların geri

dönüşümünü sağlamak), su bazlı atık su arıtma sistemleri, sera gazı emisyonları konusunda enerjiyi geri kazanma ve solventlerin geri dönüşümü için sistem oluşturulmuştur. Boyamadan kaynaklanan organik bileşimlerin emisyonlarını engellemek için boya uygulama süreci değiştirilmiştir.

Modus 2015 hedefi, Avrupa yasalarının oluşturmuş olduğu çevreye duyarlı tasarım kurallarına göre malzeme seçimi yapılmış model olmaktır. Modus, ispanyadan gelen Valladolid fabrika ekibi ve işletmenin oluşturduğu takımla otuz ayda tasarlanmıştır. Her bir sistemde farklı gruplar çalışmıştır. Modus'un geri dönüşüm oranı %95'tir, 18 kg üzerinde geri dönüşümlü plastik kullanılmıştır. Çok gelişmiş çevreye duyarlı tasarım araçlarının kullanıldığı ilk model olması önemlidir.

SONUÇ

Çevreye duyarlı tasarım doğal çevreden doğmuş bir tasarım yaklaşımıdır. Endüstri devriminden buyana gezegende yaratılmış tahribatın sonucu insanoğlu her gün çeşitli şekillerde cezalandırılmaktadır. Çevreye duyarlı tasarım tüm bu olumsuzluklarla mücadele etme amacı taşır. Bu yaklaşım yaşam dönemi boyunca ürünün çevresel etkisini göz önünde bulundurarak, sürdürülebilir bir yaşam sağlamayı amaçlar.

Çevreye duyarlı tasarım bir eklenti değildir. Ürün geliştirme süreci içerisinde kalite, maliyet, güvenilirlik gibi sistemle bütünleşebilecek bir tasarım özelliğidir. Etkin faaliyet yaklaşımlarının geliştirilmesinin sonucu olarak, sağladığı maliyet tasarrufları, çıkarılan çevre yasalarına hazırlıklı olunması açısından, bu yaklaşıma her geçen gün ilgi artmaktadır. Çevreye duyarlı tasarım, çevresel kaygıları bir baskı unsuru olarak görme yerine, amaç haline geldiği tasarımlar olarak yorumlanmalıdır. Bu yaklaşımın hedefi, temiz ve geri dönüşümlü malzemelerle ürünün çevresel kalitesi için gerekli olan verimliliği artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve ürün performansını iyileştirmektir.

Çevreye duyarlı tasarımda beklentilere uygun ürünler üretmenin anahtar değişkeni malzemedir. Doğru malzeme seçilmediği takdirde, hem çevreye duyarlı tasarım yapmak hem de beklentilere cevap verecek ürün üretmek zordur. Günümüzde malzemenin fonksiyonelliği kadar, ürüne kattığı duygu ve estetik büyük önem kazanmıştır. Tüketicinin duygusal tepkilerini dikkate alan, algı, imaj, çağrışım gibi değişkenlerin farklılık yaratmada önem taşıdığı anlaşılmıştır. Bu duygusal değişkenler çoğu zaman fonksiyonelliğin önüne geçmiştir. Dolayısıyla malzeme seçimi ürünün başarı ve kabulünü etkileyen stratejik bir karardır ve yakın gelecekte de önemini koruyacaktır.

Tasarımda malzemenin öneminin artmasının önemli nedenleri arasında ekonomik sebepler, yasal zorunluluklar, çevresel kaygılar, sosyal sorumluluk gibi faktörler yer almaktadır. Hemen bütün uluslar çevreyi korumanın önemini anlamış ve bilinçlenmişlerdir. Bu durum çevreye daha az zarar veren, tahribata yol açmayan, yeniden kullanılabilen, geri dönüştürülebilen malzemelerin araştırılmasına ve önem kazanmasına neden olmuştur.

Günümüzde firmaların çevreye duyarlı malzeme seçimi konusunda en fazla odaklandıkları ve çözmeye çalıştıkları problem geri dönüşümdür. Ürünün yaşam dönemi boyunca çevresel ürün tasarımı için temel düşünce, geri dönüşümlü malzemelerden elde edilen yeni ürünlerin kullanımını sağlayabilecek tasarımlar yapmaktır. Tüm tasarım sürecinde, tasarımcılar ürünlerin çevresel etkisini sistematik olarak analiz ederek, çevreye duyarlı tasarımı oluşturmaya çalışırlar. Amaç geri dönüşümlü malzemelerle çevreye duyarlı ürünün yeniden tasarımını gerçekleştirmektir.

Geri dönüşümlü malzeme kullanımına en fazla odaklanan sektörlerden birisi de otomotiv endüstrisidir. Yarattığı çevresel kirlilik, tüm dünyada sektöre ilgiyi artırmıştır. Çıkarılan yasalarında etkisiyle, otomotiv sektörü yeniden yapılanmıştır. Çevreye duyarlı tasarım ve malzeme seçimi konusunda yeni stratejiler geliştirilmiştir. Bu yenilikler özellikle çevre yönlü konsept otomobillerin geliştirilmesi, geri dönüşümlü malzemeler kullanılması, çevreye verilen zararın azaltılması, ticarileştirilme ve kavramsal tasarım arasındaki zaman aralığının daraltılması konusundadır. Yani tasarım ve üretim çabalarının, çevresel kavramlarla bütünleştirilmesi amaçlanmaktadır. Tüm bu yapılanlar, değişen beklentilere cevap verilmesini, pazarın yenilik taleplerinin karşılanmasını, yasal gerekliliklere yanıt verilmesini sağlamıştır. Otomotiv endüstrisinin, küresel ve yerel sorunlarla başa çıkması ve tüketicilerin beklentilerini tatmin edilmesi için çevreye duyarlı tasarım, önemli ve gerekli bir yaklaşımdır.

Çevresel duyarlılığın sektör açısından taşıdığı önemi belirleyebilmek amacıyla Renault otomobil firmasının çevreye duyarlı tasarım ve malzeme seçimi konusundaki uygulamalarının incelenmesinden elde edilen sonuçlara göre:

Renault'un strateji olarak, hem ekonomik uygunluk hem de çevresel yenilik sağlayabilmek için projenin alacağı zamanın kısaltılmasına katkıda bulunacak sürat ve organize çabaya sahip olmaya çalıştığı görülmektedir.

Otomotiv endüstrisi ile ilgili çıkarılan çevre yasaları firmanın, malzeme seçimine dayalı çevreye duyarlı tasarım uygulamalarını teşvik etmektedir. Bununla ilgili olarak Renault'un Tekno Merkezinde uygulanan OPERA ve Çevre Duyarlılığı Normları otomobil

geliştirme ile dönüşümü bütünleştirmekte ve buna bağlı olarak materyal seçiminin sınırlarını ve profilini değiştirmektedir.

Modus'ta, çok sayıda plastik malzeme içeren geri dönüşümlü malzeme kullanılmaktadır. Geri dönüşüm departmanının projenin tüm safhalarına katıldığı ve otomobilin geri dönüşümü ve malzeme seçimi konusunda önemli katkılar sağladığı görülmektedir.

Renault'un çevreye duyarlı tasarım stratejisinde çoklu çaba söz konusudur. Proje liderlerinin amaçlarından biri de zamandan tasarruf sağlayarak, katkıları hızlandırmaktır. Bu çabalar sonucunda ekonomik olarak uygulanabilir, çevresel, yenilikçi sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca atıkların işlenmesi ve minimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Firmada çevresel etkileri azaltmak amacıyla da bir takım çabalar sürdürülmektedir. Bunlar; enerji tüketimi, su tüketimi, atık değerlendirme ve uçucu organik bileşiklerin azaltılması konusundadır. Örneğin. 1997'den buyana, üretim merkezlerinin çevre yönetimi tarafından; enerji tüketiminin %30 (kW/araç), su tüketiminin %65 (m3/araç), toplam 10 milyon m3 su tasarrufu. Üretilen atıkların % 64 (kg/araç), uçucu organik bileşiklerin (COV) % 40 (kg/araç) azaltılması sağlanmıştır.

Sera gazı salınımlarının azaltılması konusunda firma çalışmalarını: enerji verimliliğinin artırılması, enerji tüketimlerinin azaltılması, yakıt değişiklikleri, yenilenebilir enerjilerin geliştirilmesi başlıkları altında sürdürmektedir. Toplam sera etkili gaz salınımları: 2003 yılında 755 Kteq iken 2009'da 508 Kteq CO2'ye gerilemiştir.

Uçucu organik bileşiklerin sınırlandırılması (COV) konusunda, boya atölyelerinde kullanılan solventlerden kaynaklanan bileşikler ve bunların azaltılması karoseri-montaj fabrikalarının öncelikleri arasında olmuştur.

Atık üretiminin azaltılması aynı zamanda azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme ve geri kazanma çabalarını da içermektedir. Ayrıca grubun toplam su tüketimi son on yıl içinde yarı yarıya azaltılmıştır. 2009 yılında tüketim 10,6 Milyon m3 olmuştur.

Aynı şekilde, atık madde miktarları da (organik maddeler, süspansiyon halindeki maddeler, metaller) benzer kapsamda 10 yılda yarı yarıya azaltılmıştır.

Firmanın çevreye duyarlı tasarım uygulamalarından şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- Otomotiv endüstrisindeki çevreye duyarlı tasarım uygulamaları otomobilin çevreyle dostluğunu artırmaktadır
- Otomobil tasarımcıları tarafından oluşturulan ve geliştirilen çevreye duyarlı tasarım araçları, malzeme seçiminden yaşam dönemi sonunda gerçekleştirilen geri dönüşüme kadar geçen süreçte, çevreyle bütünleşmeyi sağlamaktadır
- Kolay montaj, geri dönüşüm için hızlı ve kolay ayırımı sağlamaktadır. Bu durum firmalara teknik ve ekonomik avantajlar sağlamaktadır

Yapılan bu inceleme sonucunda çalışma, öncelikle otomobil projelerinde çevreyle dost malzeme seçiminin hayati önem taşıdığını göstermektedir. İkincisi çevreye duyarlı tasarım amacıyla en fazla kullanılan çevresel kriterin geri dönüşüm olduğu görülmektedir. Çevresel kaygılarla çıkarılan yasaların genellikle malzeme seçimine ve yaşam döneminin sonuna odaklandığı saptanmıştır. Ayrıca, enerji tüketimi, su tüketimi, uçucu organik bileşenlerin azaltılması konusunda yoğun çabaların olduğu belirlenmiştir. Sektörün çevreye artan ilgisinin en önemli nedeninin yasal baskılar olduğu görülmektedir. Sonuç olarak firmaların, hem teknik hem de ekonomik açıdan rekabet edebilir ürünler üretmenin yanında, çevre yasalarına uyum sağlayabilmek için çevreye duyarlı tasarım araçlarını geliştirme, proje ekiplerini yeniden organize etmeye önem vermeleri gerektiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Aaker, D.A. (1991). *Managing Brand Equity Capitalizing On The Value of a BrandzName*. New York: The Free Pres.
- Aksoy, L. ve A. Özsoyer. (18-20 Ekim 2007). Türkiye’de Marka Kişiliğini Oluşturan Boyutlar, 12. *Ulusal Pazarlama Kongresi*. Sakarya: 1-15.
- Almeida, B., A.J.M.Rodrigues, S.H.Bonilla ve B.F. Gianetti. (2010). Emergy as a Tool for Ecodesign: Evaluating Material Selection for Bevarage Packages in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 18, 32
- Altınışik T ve S. Akyol (2007). *Sanayide Çevreye Duyarlı Yaklaşımlar: Temiz Üretim ve Ekolojik Verimlilik*. Ankara: MPM Yayınları.
- Aracıoğlu, B. (2010). Tüketicilerin, Satın Alma Davranışında Çevre Bilincinin Etkileri. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 9, 435-461.
- Ashby, M., S. Hugh ve C. David. (2007). *Material Engineering, Science Processing and Design*. UK: Elsevier Ltd.
- Ashby, M., H. Shercliff , D. Cebon. (2007). *Material Engineering, Science, Processing and Design*. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Ashby, M., K. Johnson. (2010). *Materiyal and Design*. Boston: Elsevier Ltd.
- Baki, F.A. (2007). *Framework for Integration of Sustainability Issues in to Traditional Product Design Process, PhD*. Canada University of Windsor.
- Bayrakçeken, H. (2005). Dünya’da ve Türkiye’de Otomotiv Sanayinin Sektörel Analizi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 2, 1-11
- Bharma, T.A, E.S. McAlloone, T.C. Simon, M. Pool, S.Sweatman. (1999). Integrating Envinronmental Decisions in to Development Process, *Ecodesign '99First International Symposium On*, Tokyo: 329-333.
- Borchardt, M., A.C.Poltosi, M.A.Selitto, G.M.Pereia. (2009). Adopting ecodesign practices :Case study of a midsized automotive supplier. *Envinronmental Quality Management*. 10, 1002
- Budinski, K.G. (1996). *Engineering Materials, Properties and Selection*. USA: Prentice Hall Inc,

- Bulut, E. ve A. Deran (2008). Tersine Lojistik ve Firmaların Maliyet Yönetimi Üzerindeki Etkileri, *Ekonomi Yaklaşımı*, 19, 336.
- Can, E. (2007). Marka ve Marka Yapılandırma, *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*. 22-1, 226
- Candido, L. W. Kindlein, R. Demori, L. Carli, R. Mauler ve R. Olivera. (2011). Recycling Cycle of Materials as a Design Project Tool, *Journal of Cleaner Production*, 19, 1440
- Charter, M. ve U. Tischner. (2001). *Sustainable Solutions Developing Products and Services for the Futures*, UK: Greenleaf Publishers.
- Deng, Y.M., K.L Edwards. (2007). The Role of Materials Identification and Selection in Engineering Design. *Materials and Design*. 28-1, 131-139.
- Durmuş, Ö. (2008). *Yeşil Verimlilik*. Ankara: MPM Yayınları.
- Ehrenfeld, J., A. King ve M. Lenox. (2000). An Assesment of Design for Envinronment Practice in Leading US Electronic Firms. *Interface*, 30.3, 83
- Esin, A. (1981). *Properties of Materials for Mechanical Design*. Ankara: MTU Yayınları.
- Field, F.R J.P. Clark ve M.F. (2001). Market Drives for Materials and Process Development in the 21st Century. *MRS Bulletin, September*. 26-9, 716-725
- Fletcher, K.T. ve P.A. Goggin. (2001). The Dominant Stances on Ecodesign. *Acritique, Design*. 17.3, 16
- Gurauskiene, I. ve V. Varzinskas. (2006). Ecodesign Metodology for Electirical and Electronic Equipment İndustry. *Envinronmental Research, Engineering and Management*. 3.37, 43-51.
- Guy, S. ve S.A. Moore. (2005). *Sustainable Architectures Cultures and Nature Europe and North America*. UK: Taylor and Franchis group.
- Gürakar, E. (2008). The Situation of Ecodesignin Turkish industry. *Master Thesis*. Ankara: MTU.
- Halada, K ve R. Yamamoto. (2001). Research and Development on Ecomaterials Around the World. *MRS Bulletin*. 26, 871.
- Halada, K., (2003). Progress of Ekomaterials Towards a Sustainable Society. *Current Opinionin Solid State and Material Science*. 7, 209-216
- Han, B. ve C. Van Hamel. (1997). *Ecodesign;Apromising Aproach to Sustainable Production and Consumption*. Paris: United Nations Publications.

- Hesselbach, J., C. Herrmann, M. (1997). Eco-Potential as a Tool for Design for Environment, in. *4th Int. Seminar on Life Cycle Engineering*, Berlin: 132-141
- Heloisa V.M. (2006) Eco-design for Materials Selection in Automobile Industry. 13. CIRP International Conference on Life Cycle Engineering. Rio De Janeiro: CETEM, 299-304.
- Hendrickson, C., N.C. Schempf, L. Lave ve F. McMichael. (2008). Introduction to Green Design. *Carnegie Mellon University*.
<http://www.ce.cmu.edu/GreenDesign/gd/education/gdedintro.pdf>
- Holloway L.P., (1997). A Methodology and Support Tool for Environmentally Conscious Design and Manufacture, *Doktora tezi*. Sheffield, UK: Sheffield Hallam University
- Hong, N., T. Honda ve R. Yamamoto. (8-11 December 2003). Classification of Ecomaterials in the Perspective Sustainability. *Proceeding of Ecodesigns*. Tokyo, 706-709.
- Karana, E., P. Hekkert ve P. Kandachar. (2008). Material Consideration in Product Design: A Survey on Crucial Material Aspect Used by Product Design. *Material and Design*. 29, 1081-1089
- Karana, E. (2010). How Do Materials Obtain Their Meanings. *M.E.T.Ü; J.F.A.* 27-2, 271-285.
- Kırlioğlu, H. ve M.E. Fidan. (2010). İşletmelerde Atık Yönetimi ve Sakarya İlinde Bir Araştırma, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*. 20-5, 3453-3470
- Knight, P., J. Jenkins. (2009). Adopting and Applying Eco-Design Techniques: A Practitioners Perspective. *Journal of Cleaner Production*. 17-5, 549–558
- Kriwet, E. ve G. Seliger. (1995). Systematic integration of design for recycling in to product design, *International Journal Of Production Economics*. 38, 15-22
- Lagerstedt, J., C. Luttrupp ve L.G. Lindfors. (2003). Fonctional Priorities in LCA and Design for Envinronment, *Design for Envinronment*. 8, 160-166.
- Levis,.H ve J. Gertakis. (2001). *Design and Envinronment. A Global Guide to Designing Greener Goods*. UK: Greenleaf Publishing.
- Lindahl, M. (2001). Environmental Effect Analysis. *Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Stocholm: 864-869
- Lindahl, M., J. Tingstrom. (2000). *A Small Textbook About Environmental Effect Analysis*. Kalmar: Departmant of Technology, Univercity of Kalmar
- Lindback, J.R. ve R.R. Wygant. (1995). *Product Design and Manufacture*, USA: Prentice Hall Inc.

- Ljungberg, L.Y. (2007). Material Selection and Design for Development of Sustainable Products, *Materials and Design*, 28, 466-479
- Ljungberg, L.Y., L. Edwards. (2003). Design Material Selection And Marketing of Succesful Products. *Material and Design*. 24-5, 19-52
- Ljungberg, L.Y., K. Edwards. (2003). Design Material Selection and Marketing of Succesful Products. *Material and Design*. 24, 519-529
- Lofthouse, V.A. ve T.A Bhamra. (2001). Making Things Better - An İndustrial Designer's Approach to Ecodesign. Proceedings of D3 desire, designum, design. *Fourth European Academy of Design Conference*. Aveiro, 1-11
- Luttrupp, C. ve J. Langerstedt. (2006). Ecodesign and Ten Golden Rules. *Journal of Cleaner Production*. 14-15, 1396-1408.
- Luttrupp, C. ve R. Karlsoon. (2006). Eco Design; What's Happening,An Over view Of The Subject Area Of Eco Design And Of The Papers İn This Special İssue. *Journal Of Cleaner Production*. 14,16, 1291-1298
- Luttrupp, C., J. Lagerstedt. (2006). Ecodesign and the tengolden rules: Generic advice for merging environmentalaspects into product development. *Journal of Cleaner Production*. 14, 1396-1408
- Lutropp, C., J. Langested, J. Tingström and R. Karlsson. (2006). The Relationship between environmental analyses and the dialogue process in product development.. *Journal of Cleaner Production*. 14, 1409-1419
- Llutrapp, C., J. Johansson. (2006). İmproved Recycling with Life Cycle Information Tagged to The Product. *Journal of Cleaner Production*. 1, 1-9
- Marangoz, M. (2004). İşletmelerin Çevresel Sorumluluğu: Türk Otomotiv Sanayine Yönelik Bir Araştırma. *D.E.U.,Sosyal Bilimler Araştırması dergisi*. 6-3, 85
- Marshall, J.D ve M.W. Toffel,(2005), Framing the Elusive Concept of Sustainability:A Sustainability Hierarchy. *Envinronmental Science and Technology*, 39, 673-682
- Maxwell, D. ve R. Vander Vorst. (2003). Developing Sustainable Products and Services. *Journal of Cleaner Production*, 7, 883-895
- Maxwell, D., W. Sheate, ve R.Van Der Vorst. (2006). Functionaland systems aspects of the sustainable product and servicedevelopment approach for industry. *Journal of Cleaner Production*. 14, 1466-1479
- Nakipoğlu, G. (2007). Tersine Lojistik, Önemi ve Dünyadaki Uygulamaları. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 9, 181-196

- Nowosielski, R., A. Karina ve M.Spilka. (2007). Developments of Ecomaterials and Materials Technologies. *Journal of Echievementsin Materials and Manufacturing Engineering*, 21, 27-30
- Nguyen, H. X., T. Honda ve R. Yamamoto. (2003). Classification of Ecomaterials in the Perspective Sustainability. *Third Internanonel Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. Tokyo:706-709
- Okay, A., (2003), *Kurum Kimliği*. Ankara: Mediacat Yayınları.
- Öztürk, G. (2006)Logonun Kurum Kimliğine Etkisi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal bilgiler Dergisi*. 5, 1-17
- Puthenpurackal, S. (2008). The Development of a Process Tool For Eco Product Design. *Mater Thesis*. Ohio, USA: University of Cincinnati
- Poon, L. (2010). Automotiv Industry and Environment. *Symposium on Sustainability Driven Innovative Technologies*. HongKong, 1-14
- Roy, R. (1994). The Evaluation of Ecodesign. *Tecnovation*. 14-6, 363-380
- Renault's commitment to the environment (t.y.)
<http://www.renault.com/en/capeco2/pages/cap-eco2.aspx> (Renault 2012)
- Sanayi ve Ticaret Bakanlığı. (2011-2014). Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı. Ankara.
- Sarıkaya, M. ve Z. Kara. (2007). Sürdürülebilir Kalkınmada İşletmenin Rolü Kurumsal Vatandaşlık. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*. 14, 221-233.
- Schischke, K., Marcel H. ve Gregor S. (2005). An Introduction to Ecodesign Strategies: Why, What and How. *Fraunhofer IZM*. Berlin: <http://www.ecodesignarc.info/>
- Seliger, E., E. Zussman ve A. Kriwet. (1993). İntegatation of Recycling Considerations in to Product Design. *A System Approach, Presented Nato Arw, İtaly*, 6-11.
- Shu-Yang, F., B. Freedman ve R. Cote. (2004). Principles And Practice Of Ecological Design. *Environmental Reviews*. 12, 98
- Sousa, I., J. Eisenhard ve D.Wallace. (2001). *Approximate Life-Cycle Assessment of Product Concepts using Learning Systems*. *Journal of Industrial ecology*. 4-4, 61-81.
- Subramoniam, R., D. Huisingh ve R. Chinnam. (2010). After Market Remanufacturing Strategic Planning Decision-Making Framework. *Journal of Cleaner Production*. 18, 1518-1580.
- T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. (2007-2013). Dokuzuncu Kalkınma Planı. Ankara.

- T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. (2006). Otomotiv Sanayii Özel İhtisas Komisyonu raporu. Ankara.
- T,C,Sanayi veTicaret Bakanlığı. (2011). Otomotiv Sektörü Raporu. Ankara.
- Taygun, G.T. ve A. Balanlı. (2005). Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Türü ve Çevre Etkileşimi. *Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi E-Dergisi*. 1, 40-50.
- Tischner, U. ve M. Charter. (2001). *Sustainable Solutions: Developing Products and Services for The Future*. UK: Greenlife Publishing.
- Tischner, U., (2001). *Tools For Ecodesign And Sustainable Product Design,Sustainable Solutions,Developing Products and Services For The Future*.UK: Greenlife Publishing.
- Tu, J.C., (1998). A Study of Sustainability Aassesment Model for Recycling Materials from The Life Cycle Design. *1998 IEEE International Symposium on Electronics and Environment*. Taiwan: 316-321.
- Topoyan, M. (25-27 Kasım 2005). Yeniden Üretim Sistemleri için Sürdürülebilir Ürün Tasarımlarının Oluşturulması. *5. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*. İstanbul Ticaret Üniversitesi. İstanbul, 259-264.
- Toprak, D. (2006). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Çevre Politikaları ve Mali Araçlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 2, 146-169
- Van Hemel, C. ve J. Cramer. (2002). Barriers and Stimuli for Ecodesign in SMEs. *Journal of Cleaner Production*. 10, 439-653.
- Vivian, W, Y. Tam ve C.M. Tam. (2006). Evaluations of Existing Methods; A Hong Kong Study. *Buiding and Encvinronment*, 41, 1649-1660.
- Wimmer, W. (1998). Design for Environmental Ecodesign A Tool for Product Improvment Based on Function Assesment. *Proceeding of the 5. International Design Conferance*. Dubrovnik,
- Wrisberg, N. ve H. U. Haes. (2002). *Analytical Tools for Envinronmental Design and Management in a system perspective*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Yagi, K. (2002). Concept and Development of Ecomaterials. *Proceedings of the International Workshop on Eco-materials*. Tokyo, 1-4
- Yolsever, E. (1995). Endüstri Tasarımında Geri Dönüşüm İlkeleri, (Atık Kağıdın Geri Dönüşümü) *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Yüksel, E. (2008). Ekolojik Kapsamda Malzemenin Mobilya Tasarımına Etkileri, *Sanatta Yeterlilik Tezi*. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi.