

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA ÖNEMİ VE GELECEĞİ:
TÜRKİYE'DEN DÖRT ÖRNEK FİRMA ÜZERİNE BİR İNCELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Murat SÖNMEZ**

Anabilim Dalı : Endüstri Ürünleri Tasarımı

Programı : Endüstri Ürünleri Tasarımı

EKİM 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN
ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA ÖNEMİ VE GELECEĞİ:
TÜRKİYE'DEN DÖRT ÖRNEK FİRMA ÜZERİNE BİR İNCELEME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Murat SÖNMEZ
(502041960)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Ekim 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Seçil ŞATIR (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Alpay ER (İTÜ)
Prof. Dr. Emel GEÇKİNLİ (İTÜ)**

EKİM 2009

Ablama,

ÖNSÖZ

Malzeme teknolojilerinin hızla geliştiğı, yeni ve ileri malzemelerin kullanım alanlarının giderek çeşitlendiğı ve genişlediğı 21. yüzyılda, Endüstri Ürünleri Tasarımı da malzeme alanındaki gelişmelerden bağımsız düşünülemez. Böyle bir dönemde malzeme mühendisliğı üzerine lisans eğitimi almış biri olarak endüstri ürünleri tasarımına olan ilgim ürün tasarımında farklı malzemelerin kullanımı, ve tasarım-malzeme ilişkisine yöneldi. Yüksek lisans tezimi kompozit malzemeler ve endüstri ürünleri tasarımı alanında, özellikle polimer matrisli kompozitlerin endüstri ürünleri tasarımındaki kullanımı üzerine yazmaya karar verdim. Türkiye’den örnekler üzerine odaklanmış bu araştırmanın hem malzeme hem de endüstri ürünleri tasarımı alanlarında Türkiye’ye dair önemli bir bilgi ürettiğine inanıyor, bu alanda yapılacak ileriki çalışmalar için faydalı olacağını umut ediyorum. Bu tez çalışmamda bana destek olan öncelikle danışmanım Doç. Dr. Seçil ŞATIR’a, ve Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölüm Başkanı Prof. Dr. Alpay ER’e, ayrıca tez yazım sürecinde yanımda olan ve bana destek veren aileme, arkadaşlarıma ve Çiğdem’e teşekkür ederim.

Eylül 2009

Murat SÖNMEZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	4
1.2 Tezin Önemi.....	4
1.3 Tezin Yapısı ve Yöntemi	6
2. ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİNDE TASARIMI ve MALZEME İLİŞKİSİ.....	9
2.1 Malzeme Nedir?	9
2.2 Malzeme Sınıfları.....	12
2.2.1 Metaller.....	13
2.2.2 Plastikler	14
2.2.3 Seramikler	15
2.2.4 Kompozitler	15
2.3 Endüstri Ürünleri Tasarımının Gelişimi ve Malzeme	16
2.4 Endüstri Ürünleri Tasarımında Malzeme Seçimi.....	25
2.5 Malzeme, Üretim ve Ürün İlişkisi.....	34
2.6 Yeni ve İleri Malzemeler ve Endüstri Ürünleri Tasarımı.....	36
3. BİR İLERİ MALZEME OLARAK KOMPOZİT MALZEMELER.....	41
3.1 Kompozit Malzemelerin Tanımı ve Yapısı	41
3.2 Kompozit Malzemelerin Tarihi ve Kullanım Alanlarının Dönüşümü	42
3.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	47
3.3.1 Metal matrisli kompozitler.....	41
3.3.2 Seramik matrisli kompozitler.....	49
3.3.3 Polimer matrisli kompozitler	51
3.3.4 Melez (hybrid) kompozitler	52
3.4 Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri.....	53
3.4.1 Metal matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri	54
3.4.2 Seramik matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri	54
3.4.3 Polimer matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri.....	55
3.5 Kompozit malzemelerin Genel Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları.....	56
4. POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER	63
4.1 Polimer Matrisli Kompozitlerin Yapısı	63
4.1.1 Matris malzemeleri.....	63
4.1.1.1 Polimerlerin yapısı ve özellikleri	64
4.1.1.2 Termoset polimerler	66

Termoset polimerlerin avantaj ve dezavantajları	66
Kompozit endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termosetler	67
4.1.1.3 Termoplastik polimerler	70
Termoplastik polimerlerin avantaj ve dezavantajları	70
Kompozit endüstrisinde yaygın olarak kullanılan terplastikler	71
4.1.2 Takviye malzemeleri.....	75
4.1.3 Diğer ilave malzemeler	77
4.2 Polimer Matrisli Kompozitlerin Üretim Yöntemleri	78
4.2.1 El yatırma yöntemi.....	80
4.2.2 Püskürtme yöntemi.....	81
4.2.3 Press (basınçlı) kalıplama yöntemi	82
4.2.4 Transfer kalıplama yöntemi.....	82
4.2.5 Soğuk kalıplama yöntemi	82
4.2.6 Vakumla kalıplama yöntemi.....	83
4.2.7 Otoklavda kalıplama yöntemi.....	83
4.2.8 Filament (helisel) sarma yöntemi.....	84
4.2.9 Pultruzyon (profil çekme) yöntemi	84
4.2.10 Matris enjeksiyon yöntemi	85
4.2.11 Enjeksiyon yöntemi.....	86
4.2.12 Santrifüj yöntemi.....	86
4.3 Polimer Matrisli Kompozitler ve Endüstri Ürünleri Tasarımı.....	89
5. TÜRKİYEDE POLİMER KOMPOZİTLER ve ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ	
TASARIMI: DÖRT ÖRNEK FİRMA ÜZERİNE BİR İNCELEME.....	93
5.1 Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Türkiye’de Gelişimi ve Kullanımı	93
5.2 Saha Araştırması	99
5.2.1 Araştırma yöntemi ve örneklem	99
5.2.2 Örnek firmalara dair temel bilgiler	101
5.2.1.1 Yılmaz Zenger	101
5.2.1.2 LTG Composite	102
5.2.1.3 SAFTER MOBO KABİN	103
5.2.1.4 GAEAFroms	104
5.3 Verilerin Değerlendirilmesi.....	105
5.3.1 Malzemeye dair.....	105
5.3.2 Üretime dair	112
5.3.3 Tasarıma dair	118
5.3.4 Sektöre dair.....	121
5.3.5 Geleceğe dair	124
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	129
6.1 Türkiye’de Polimer Matrisli Kompozitler ve Ürün Tasarımının	
Değerlendirilmesi	130
6.2 Ürün Tasarımında Polimer Matrisli Kompozitlerin Geleceği	136
6.3 Gelecek Araştırmalara Dair Öneriler	137
KAYNAKLAR.....	139
EKLER	143

KISALTMALAR

ABS	: Akrilonitril bütadien stiren
CTP	: Cam Takviyeli Plastik
PA	: Poliamid
PC	: Polikarbonat
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen Tereftalat
PMMA	: Polimetilmetakrilat
POM	: Polioksimetilen
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinilklörür
RTM	: Matris Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi
SiC	: Silisyum Karbür
TPE	: Termoplastik Elastomer
UV	: Ultraviyole

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Termoplastik polimerlerin pazar payı dağılımları.	74
Çizelge 4.2 : Termoset ve termoplastik matris malzemesinin kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları.	74
Çizelge 4.3 : Matris ve üretim yöntemi uyumluluk çizelgesi.	87
Çizelge 4.4 : Bazı üretim yöntemlerinin karakteristik özellikleri.	88
Çizelge 4.5 : Parça boyutları, örnek kullanım alanları ve üretim yöntemleri.	88
Çizelge 5.1 : 1985 – 2005 yılları arası bazı malzemelerin dünya çapında tüketim değerlerindeki gelişim.	94
Çizelge 5.2 : Dünyada polimer matrisli kompozitlerin kullanıldığı sektörlerin dağılımı.	95
Çizelge 5.3 : Cam takviyeli plastiklerin 2003 yılında Türkiye’deki sektörlerle göre dağılımı.	95
Çizelge 5.4 : Veri değerlendirme aşamaları.	100
Çizelge 5.5 : Görüşme yapılan firmalar dair bilgiler.	127

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Airbus firmasının A-380 modelinde kullanılan kompozit parçalar.	16
Şekil 2.2	: Marcel Breuer'in "Cesca" sandalyesi ve Hans Coray'ın "Landi" sandalyesi.	20
Şekil 2.3	: Streamline akımından etkilenen Harold S. Ryden'in 1955'te tasarladığı elektrik süpügesi.	20
Şekil 2.4	: Robin Day'ın "Polyprop" sandalyesi (solda) ve Arne Jacobsen'in "Egg Chair" sandalyesi.	22
Şekil 2.5	: Verner Panton'un "Stacking" sandalyesi (solda) ve Gaetano Pesce'nin "Donna" koltuğu.	24
Şekil 2.6	: Metrekaresi 0.3 - 1kg arasında değişen köpük bakırdan yapılmış boru.	37
Şekil 3.1	: SiC takviyeli bakır matrisli kompozitin kırılma yüzeyinin mikroskop görüntüsü.	48
Şekil 3.2	: Alüminyum matrisli (a) piston kolu, (b) fren parçaları, (c) kardan mili.	48
Şekil 3.3	: Seramik matrisli kompozitten fren diski.	49
Şekil 3.4	: Uzay mekiklerinde kullanılan seramik matrisli kompozit örnekleri.	50
Şekil 4.1	: Termoset Polimer Zincirlerin Çapraz Bağlanması.	66
Şekil 4.2	: Karbonfiber takviyeli epoksi kompozitten üretilen bisiklet iskeleti.	68
Şekil 4.3	: Cam takviye örnekleri: öğütülmüş, kırılmış, fitilli, dokuma (soldan sağa).	76
Şekil 4.4	: Polimer matrisli kompozitlerin üretim aşamaları.	79
Şekil 4.5	: El yatırma yöntemi.	80
Şekil 4.6	: Püskürtme yöntemi.	81
Şekil 4.7	: Pres (basınçlı) kalıplama yöntemi.	82
Şekil 4.8	: Vakumla kalıplama yöntemi.	83
Şekil 4.9	: Filament (helisel) sarma yöntemi.	84
Şekil 4.10	: Pulturuzyon yöntemi.	85
Şekil 4.11	: Matris enjeksiyon yöntemiyle üretilen karbon fiber tenis raketi.	86
Şekil 4.12	: Enjeksiyon yöntemi.	86
Şekil 5.1	: Otosan Otomobil AŞ'nin gazete reklamı.	96
Şekil 5.2	: Yılmaz Zenger'in atölyesi.	101
Şekil 5.3	: LTG Composit'in atölyesi.	102
Şekil 5.4	: SAFTER MOBO'nun fabrikası.	104

Şekil 5.5 : GAEAFirms'un atölyesi.	105
Şekil 5.6 : GAEAFirms'un kompozit atölyesi.	108
Şekil 5.7 : SAFTER MOBO firmasının ürettiğı tekneler.	110
Şekil 5.8 : SAFTER MOBO firmasında el yatırma yöntemiyle kabin üretimi-1 ..	114
Şekil 5.9 : SAFTER MOBO firmasında el yatırma yöntemiyle kabin üretimi-2. .	115
Şekil 5.10 : GAEAFirms firmasında üretim.	116
Şekil 5.11 : SAFTER MOBO'da el yatırma yönteminde jelkot uygulaması.	117
Şekil 5.12 : Yılmaz Zenger'e ait çalışmalar.	119
Şekil 5.13 : Yılmaz Zenger'in atölyesi.	120

ÖZET

POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA ÖNEMİ VE GELECEĞİ: TÜRKİYE'DEN DÖRT FİRMA ÜZERİNE BİR İNCELEME

Metaların sürekli olarak değişik görünümelerde yeniden tüketicinin karşısına çıktığı yirmibirinci yüzyılda tasarım olgusu daha önce sahip olmadığı bir hâkimiyete erişmiş, hayatın her alanına nüfuz etmiş; sanat, mimari, reklam gibi alanların yanı sıra teknoloji, mühendislik ve tıp gibi farklı disiplinlerle daha sıkı bir etkileşime girmiştir. Malzemelerin büyüyen teknolojik gelişmeler, yenilikler ve buluşlar alanında geniş bir yere sahip olduğu böyle bir dönemde, tasarım alanında ortaya çıkan birçok deneysel çalışmanın tetikleyicisi ve ilham kaynağının yeni malzemeler ve üretim teknikleri olduğu da anlaşılmıştır.

Dünyada ileri malzemeler alanında yapılan çalışmalarda kompozit malzemelerin gerek bilimsel çalışmalarda gerekse de ürün tasarımında geniş yer tuttuğu, kompozit malzemeler arasında da polimer matrisli kompozitlerin, düşük yoğunluk, yüksek mekanik özellikler ve korozyon dayanımı gibi özellikleri sebebiyle öne çıktığı görülmektedir. Dünyada ürün tasarımında polimer matrisli kompozitlerin artan öneminden yola çıkarak, bu tez çalışması Türkiye’de ürün tasarımında polimer matrisli kompozitlerin yeri ve önemini ortaya koymayı hedeflemiştir.

Tez çalışmasına endüstri ürünleri tasarımında malzemenin önemi vurgulanarak başlanmış, ürün tasarımında malzeme seçimi, bu seçim sırasında tasarımcıların karşılaştığı zorluklar ve seçim sürecinde dikkat ettikleri noktalar gibi konulara değinilerek, malzemenin ürün ve üretimle ilişkisi ve ileri malzemelerin ürün tasarımındaki kullanımı ve olası getirileri irdelenmiştir.

Tezin odak noktası olan kompozit malzemeler özelde de polimer matrisli kompozit malzemeler etrafıca ele alınmış, tanımları, alt türleri, üretim yöntemleri, genel özellikleri, avantaj ve dezavantajları incelenerek, ürün tasarımıyla ilişkileri ortaya konmuştur. Bu kuramsal çalışmayı takiben saha araştırmasında Türkiye’de farklı sektörlerde polimer matrisli kompozitlerle çalışan iki tasarımcı ve iki firma yöneticisiyle görüşülmüştür. Derinlemesine görüşme yöntemiyle yürütülen saha çalışmasının sonucunda polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’de endüstri ürünleri tasarımındaki kullanım alanları, güçlü ve zayıf yönleri, tasarımcıların malzeme bilgileri ve malzemeyi tercih sebepleri, sektöre dair gelişmeler ve polimer matrisli kompozitlerin önündeki fırsat ve engeller tartışılmıştır.

Çalışmanın sonunda, görüşmelerden elde edilen bulgulara dayanarak, Türkiye’de ürün tasarımında polimer matrisli kompozitlerin geleceği değerlendirilmiştir.

SUMMARY

THE IMPORTANCE AND FUTURE OF POLYMERIC COMPOSITES IN INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN: A STUDY ON FOUR COMPANIES FROM TURKEY

In the twentyfirst century, where people face a never-ending bombardment of products with constantly changing appearances, product design reached an unprecedented domination/hegemony in all aspects of life. Besides art, architecture and advertising, product design started to interact, more intensely, with different fields such as technology, engineering and even medical science in a more intense way. In this era of rapid technological developments, innovations and inventions, advance materials and new production methods are the initiators and source of inspiration for experimental studies.

Recent researches reveal that composite materials have a strikingly important share among the advance materials both in scientific researches and applications in product design. Furthermore, polymeric composites due to their characteristics like low density, high mechanical properties and corrosion resistance come into prominence among composites. Taking the increasing importance of polymeric composites in product design as a starting point, this study aims to expose the weight and significance of polymeric composites in product design in Turkey.

The study emphasizes the relevance of materials in product design and explores the importance of material selection, the difficulties and issues to be considered in material selection, the relationship between materials, product and production methods, and the use of advance materials in product design.

In order to gain a comprehensive understanding of composite materials, and especially polymeric composites, their definitions, different types, possible production methods, general characteristics, their advantages and disadvantages are examined before establishing their relationship with product design. Following this theoretical part, in the field research, interviews are conducted with two product designers and two company managers who own companies producing polymeric composite products. Using indepth interview method, the study elicited the area of usage of polymeric composites in product design in Turkey, their advantages and disadvantages, product designers' knowlegde on polymeric composites and their reason of using them, sectoral developments and the opportunities and limitations of polymeric composites in near future.

Finally, based on the data gathered from the interviews, the future of polymeric composites in product design in Turkey is discussed.

1. GİRİŞ

“Etrafımız malzemelerle çevrili; gördüğümüz ve dokunduğumuz her şeye özünü veren malzemedir. Türümüz – *homo sapiens* – diğer türlerden belki de en çok tasarlama, malzemelerden şeyler üretme ve şeylere dışsal formlarının ötesinde anlamlar atfedebilme becerisiyle ayrılıyor.”

Mike Ashby [1]

“Artık sadece mimarlık projelerine ya da sanat sergilerine değil, kot pantolonlardan genlere kadar her şeye *tasarım* gözüyle bakılıyor. (...) Belki de artık “tasarımın siyasal iktisadı”nda söz etmenin vakti gelmiştir.”

Hal Foster [2]

Kapitalist modernitenin başat hikâyelerinden biri de tasarımın hikâyesidir. Bugün tasarım olgusu öyle bir düzeye erişmiştir ki metropollerin caddelerinde ya da alışveriş merkezlerinde tasarım mekânların içinde dolaşan, tasarım ürünleri tüketen, “tasarım özne”lerden söz edebiliriz. Hal Foster’a göre “bugün hem tasarımcı hem de tasarlanmış olmak için öyle müthiş zengin falan olmanız gerekmiyor – söz konusu ürün eviniz ya da işiniz, eskiyen yüzünüz (tasarım ameliyatları) ya da zayıf kişiliğiniz (tasarım hapları), tarihsel belleğiniz (tasarım müzeleri) ya da DNA’nızın geleceği (tasarım çocukları) olabilir” [2].

Erken kapitalist dönemi şekillendirmiş olan endüstriyel teknolojiler, seri üretim, makineleşme, artan iş bölümü, yaratılmakta olan tüketim eğilimli orta sınıf ve yeni şekillenmekte olan reklam sektörü endüstri ürünleri tasarımının oluşum koşullarını teşkil ediyordu. Bugün geç kapitalist dönem ya da post-endüstriyel dönem olarak tanımlanan dönemde küreselleşme, çok-uluslu şirketler, esnek uzmanlaşma, bilişim teknolojisi ve dijital teknolojilerin etkisiyle sonsuzca çoğalan ürünlerin istilasından ve “imge-ürün”lerden bahsetmek mümkün.

Seri üretim ve ürün standartlaşmasının bir ikonu haline gelen Ford T-model tek renk siyah olmasıyla ve fabrikadan çıkan bütün Ford T-Modellerin birbirinin aynısı olmasıyla tüketiciyi etkilediği bir dönemin ürünüdür. Ancak zaman içerisinde bu yeterli olmamış tüketiciyi çekecek ambalaj tasarımı, reklam ve pazarlama stratejileri

gibi farklı yöntemlere gidilmiştir. Bu yöntemlerin bir sonucu olarak, tüketici standartlaşmanın, işlevin ve ihtiyacın ötesinde beklentiler geliştirmiş, üründen estetik bir tatmin almayı ve zevk duymayı da bekler hale gelmiştir.

Metaların sürekli olarak değişik görünümelerde yeniden tüketicinin karşısına çıktığı yirminci yüzyılda, ürünler giderek kişiselleşmiş ve ürün tasarımında arzu da temel belirleyicilerden biri haline gelmiştir. Bireyler giderek kimliklerini ürünlerle temsil eder olmuş, ürünlerin sembolik değerleri öne çıkmıştır. Renkli plastik ev eşyaları ve aksesuarlarda kendini bulan ya da kişiliğini karbon fiber kadranlı kol saati ya da magnezyum kasalı diz üstü bilgisayarıyla ifade eden bireyler geç kapitalist dönemin toplumunu oluşturmaktadır.

Böyle bir dönemde ürün tasarımını dönüştüren temel parametrelerden birinin malzeme olduğunu söylemek mümkündür. Rekabetçi piyasa şartları, ürünlerin ve malzemelerin tüketimindeki artış, tasarımcıları ve firmaları ürünlere dair farklı özellikleri dikkate almaya, teknik özelliklerin yanında algısal özellikleri de ön plana almaya itmiştir. Çelikten titanyuma, kontrplaktan plastiklere, magnezyumdan nano malzemelere, şekil hafızalı polimerlerden ileri teknoloji seramiklere kadar değişik malzemeler ürünün estetik ve sembolik değerini farklılaştıran temel taşıyıcılar olarak gösterilebilir. Malzemeler teknik ve ölçülebilir özellikleriyle uzun yıllardır mühendislik alanlarında geniş çapta araştırılıyor ve kullanılıyor olsa da, malzemelerin renk, doku gibi algısal özellikleri, ürünün estetik ve sembolik değerinin belirleyicileri olarak çok yakın geçmişte dikkate alınmaya başlamıştır.

Malzemenin ürün tasarımı sürecinin en önemli safhalarından birisi olduğunun anlaşıldığı, hatta günümüzde tasarımın her aşamasında belirleyici rol oynadığının kavrandığı yakın dönemde “malzeme tanımlama” (material-identification) ve “malzeme seçimi” (material selection) kavramları tasarım alanında başat kavramlar haline gelmiştir. Malzeme tanımlama ve malzeme seçimi, ürün tasarımında olduğu kadar, ürün geliştirme ve problem çözme noktalarında da etkili olan süreçlerdir.

Malzeme seçiminde ürünün görünüşü, hissiyatı, dokusu gibi algısal yönlerinin yanında, korozyon dayanımı, mukavemet, iletkenlik gibi teknik özellikler de hala büyük önem taşımaktadır. Bilhassa teknik özellikleriyle ön plana çıkan yeni ve ileri malzemeler başlarda yalnızca mühendislik alanına hizmet ettiyse de, zaman içerisinde mimari, sanat ve ürün tasarımı alanlarına da nüfuz etmiştir.

Malzeme alanındaki gelişmelerin farklı alanlarda uygulamalar bularak ses getirmesi günümüzde bazı çok-uluslu firmaların araştırma-geliştirme yatırımlarının büyük kısmını daha etkili, verimli, dayanıklı, çevreye daha az zararlı, geri dönüştürülebilir yeni malzemelerin geliştirilmesine ve geleneksel malzemelerin yenilikçi kullanımlarına ayırmaları dikkat çekicidir. Malzemelerin büyüyen teknolojik gelişmeler, yenilikler ve buluşlar alanında geniş bir yere sahip olduğu yirmi birinci yüzyılda, tasarım alanında ortaya çıkan birçok deneysel çalışmanın tetikleyicisi ve ilham kaynağının da yeni malzemeler ve üretim teknikleri olduğu görülmektedir. Öyle ki malzeme alanında, teknoloji ve mühendislik alanlarındaki ilerlemelerle bir ürünün kendine özgü ihtiyaçları için malzemelerin tasarlanabileceği bir tarihi noktaya gelinmiştir. Böyle bir teknoloji malzemenin zaferini ve yeni bir tasarım anlayışını işaret etmektedir.

Endüstri ürünleri tasarımının anlamı, tarihsel gelişimi ya da geçirdiği dönüşümler ekonomik koşullar ve belli bir ekonomik sistemin beraberinde getirdiği süreçler çerçevesinde veya tüketim ve piyasa dinamikleri üzerinden okunabileceği gibi sanat tarihi, teknoloji tarihi, siyasi tarih veya kültür tarihi perspektiflerinden de incelenebilir. Başka bir açıdan, endüstri ürünleri, farklı dönemlerde ortaya çıkan üretim yöntemleri, malzemeler ve teknolojiler üzerinden de ele alınabilir. Yaklaşımların çeşitliliği ortaya çıkarılacak izleklerin, anlamların ve söylemlerin de farklılaşmasını sağlayacaktır. Bu çalışmanın konusu itibarıyla endüstri ürünleri tasarımı malzeme odaklı bir yaklaşımla ele alınmış, çalışmada yeni malzemeler sınıfında ele alınabilecek kompozit malzemelerin, özelde de polimer matrisli kompozit malzemelerin endüstri ürünleri tasarımındaki yeri, önemi ve geleceği irdelenmiştir. Malzeme alanının genişlediği, insan yapımı yeni endüstriyel malzemelerin ve üretim yöntemlerinin ortaya çıktığı ve çeşitlendiği son yıllar içerisinde Türkiye’de polimer matrisli kompozit malzemelerin ürün tasarımındaki kullanımına bakmak, bu malzemelerle çalışan firmalar ve tasarımcıları incelemek, malzeme seçimlerinin sebeplerine odaklanmak, bu malzemelerin kullanımının biçim, maliyet, üretim yöntemi gibi konularda sağladığı avantaj ve dezavantajları belirlemek, Türkiye’de endüstri ürünleri tasarımı alanına önemli bir katkı sağlayacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Endüstri ürünleri tasarımıyla malzeme biliminin kesiştikleri alana odaklanan bu çalışmanın üç temel amacı vardır. Bu temel amaçlardan ilki, malzemenin endüstri ürünleri tasarımıyla olan ilişkisini, malzemenin ürün tasarımındaki yeri ve önemini vurgulayarak ortaya koymaktır. Endüstri ürünleri tasarımına tarihsel bir perspektiften bakarak, malzemenin bu tarihsel gelişim içindeki önemini saptamak, malzeme seçiminde etkili olan parametreleri belirlemek ve kompozit malzemelerin de dâhil olduğu ileri malzemelerin tanımlarını yaparak endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkisini açığa çıkarmak bu temel amaca hizmet edecek yan amaçlar olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın temel amaçlarından ikincisi kompozit malzemeler ve polimer matrisli kompozitlere dair teknik ve temel bilgilerin, ürün tasarımında belirleyici olacak yönleri öne çıkarılarak bir araya getirilmesidir. Bu amaçla ilişkili yan amaçlar, kompozit ve polimer matrisli kompozit malzemelerin detaylı tanımlarının yapılması, üretim yöntemlerinin, diğer malzemelere göre avantaj ve dezavantajlarının saptanması ve ileri malzemeler arasında polimer matrisli kompozitlerin hangi sebeplerle endüstri ürünleri tasarımında öne çıktığının ortaya konması şeklinde sıralanabilir.

Üçüncü temel amaç ise, Türkiye’de polimer matrisli kompozit malzemelerle çalışan farklı sektörlerden firma ve tasarımcıların bu malzemeye tanışıklıklarını, malzemeyi tercih etme sebeplerini, polimer matrisli kompozitlerle çalışmanın ürün tasarımına etkilerini, kazanım ve zorluklarını, ürün tasarımının geleceğinde polimer matrisli kompozitlerin rolüne dair fikirlerini ortaya koymaktır.

1.2 Tezin Önemi

Çalışma tasarım alanı ve pratiğine, polimer matrisli kompozitlerle çalışan firma ve tasarımcılarla yapılan bire bir görüşmelerde elde edilen deneyim ve bilgilerin aktarılması açısından önemli katkılarda bulunmaktadır. Aynı zamanda, ürün tasarımında malzeme bilgisi ve malzeme seçiminin önemini vurgulayan bu çalışma, tasarım eğitimi ve mesleki eğitimler alanında malzeme konusuna daha fazla ağırlık verilmesi hususuna da dikkati çekmektedir.

Bu tez çalışmasının Türkiye’nin 2000’li yıllardaki stratejileri açısından nereye düştüğünü göstermek de yerinde olacaktır. Türkiye 1980 sonrası izlenen politikalar,

serbest piyasa ekonomisi ürün tasarımını tetikleyen rekabet ortamının doğmasına geç de olsa yol açmıştır. 90'larda ürün tasarımı, yaygınlaşan iletişim ortamında sıklıkla değinilen bir unsur olmuş ve popülerliğini arttırmıştır. 2000'lere damgasını vuran küreselleşme sosyal, ekonomik ve kültürel olguların dönüşümüne, ürün tasarımının da yeniden şekillenmesine yol açmıştır. Türkiye, ileri teknolojileri geliştirip, ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştüren uluslarla dünya pazarlarında rekabet edebilmek ve dünya ticaretindeki payını artırabilmek için kimi teknolojilerde söz sahibi olmayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda Tübitak, Cumhuriyetin kuruluşunun 100. yılı için "Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Stratejileri" adı altında bir yol çizmiştir. Bu vizyon kapsamındaki sosyoekonomik hedeflerin altında yer alan birçok öğeden birisi de malzeme alanıdır. Tübitak'ın raporunda malzeme teknolojilerinin sınaî üretimin karakterini dönüştürebileceği vurgulanmıştır. Malzeme teknolojileri altında yer alan polimerler ve kompozit malzemelerin, bu malzemelerden yapılacak özgün ürün ve üretim geliştirmenin, gelecek hedefler için önemine dikkat çekilerek, Türkiye'nin bu hedefe yürürkenki güçlü ve zayıf yönleri ortaya konmuştur [3].

Malzeme teknolojilerinde çizilen yol haritasına bakıldığında kompozit malzemeler için temel ve uygulamalı araştırma, ayrıca sınaî araştırma ve geliştirme adımları belirlenmiş olup, kompozit malzemelerin uygulamalarında tasarım yeteneğinin yaygınlaştırılması ve etkinleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefin hayata geçirilmesi beklenen dönemin, içinde bulunduğumuz 2008-2009 yıllarını işaret etmesi bu tez çalışmasının Türkiye'nin gelecek hedefleri bakımından teşkil ettiği önemi açıkça ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda kompozit malzemeler için planlanan hedefler, malzemenin tasarım için önemi gibi noktalar düşünüldüğünde; Türkiye'den örneklerle desteklenen, ürün tasarımında polimer matrisli kompozit malzemelerin önemi ve geleceği üzerine yapılan bu çalışma daha da anlam kazanmaktadır.

Ayrıca Türkiye'nin 2023 yılı hedeflerine engel faktörler arasında sıralanan sanayi-üniversite arası ilişkilerin zayıflığı ve akademik çalışmaların sanayi problemlerine uzaklığı düşünüldüğünde, bu tez çalışması içerdiği saha araştırması itibarıyla işaret edilen bu eksikliği giderecek çalışmalar arasında yerini alacaktır. Çalışma, aynı

zamanda, malzeme ve ürün tasarımı alanlarına dair etraflı bir literatür taramasını kapsamı açısından, akademik olarak da güçlüdür.

1.3 Tezin Yapısı ve Yöntemi

Çalışmada, endüstri ürünleri tasarımı ve malzeme biliminin kesişim alanlarına odaklanıldığından öncelikle malzeme kavramının tanımı yapılmakta, bu başlık altında malzeme türleri ve sınıfları değerlendirilmekte ve insanoğlunun malzemeye olan ilişkisi tarihi süreçte kısaca gözden geçirilmektedir. Ürün tasarımının zaman içinde etkilendiği ya da etkilediği sosyal, kültürel ve ekonomik olaylarla ilişkisi, tarihteki öne çıkan örnekler üzerinden anlatılarak, malzemenin ürün tasarımındaki önemine vurgu yapılmaktadır. Ürün tasarımında malzeme seçimi, bu seçim sırasında tasarımcıların karşılaştığı zorluklar ve seçim sürecinde dikkat ettikleri noktalar gibi konulara değinilip, malzemenin ürün ve üretimle ilişkisi kısaca anlatıldıktan sonra yeni ve ileri malzemelerin ürün tasarımındaki kullanımı ve olası getirileri ele alınmaktadır.

Çalışmanın üçünü bölümünde bir ileri malzeme olan kompozit malzemelerin tanımı yapılarak, tarihçesi, bu malzeme sınıfının alt türleri ve üretim yöntemleri verilmektedir. Kompozit malzemenin avantaj ve dezavantajları maddeler halinde sıralandıktan sonra çalışmanın dördüncü bölümünde, tezin asıl konusu ve kompozitlerin bir alt başlığı olan polimer matrisli kompozitler ayrıntılı şekilde ele alınmaktadır. Polimer matrisli kompozitlerin yapısı anlatılarak en çok kullanılan matris ve takviye malzemeleri artı ve eksi yönleriyle incelenmektedir. Bölümün sonunda polimer matrisli kompozitlerin, diğer kompozitler arasından neden ön plana çıktığı açıklanmaktadır.

Beşinci bölümde, ilk olarak polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’deki gelişimi ve kullanım alanları ortaya konarak, Türkiye özelinde bu konuyu ele almanın neden önemli olduğunun daha rahat anlaşılabilmesi sağlanmıştır. Seçilen örnek firma ve tasarımcılarla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış ve yapılan görüşmelerin çözümlemesinde, polimer matrisli kompozitlerin neden tercih edildiği, avantajları, çalışmadaki zorluklar gibi mevzular malzeme bilgisi, tasarım, üretim, sektör ve gelecek başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Son olarak, saha çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda ve tezin kuramsal çerçevesi dâhilinde polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’de ve dünyada endüstri ürünleri tasarımındaki malzeme değerine ve geleceğine dair öngörü ve saptamalarda bulunmaktadır.

Çalışma, amaçları ve yapısı doğrultusunda “kalitatif” yöntemlerle yürütülmüş ve saha çalışmasında derinlemesine görüşmeler esas alınmıştır. Çalışmanın kavramsal çerçevesini oluşturabilmek ve saha çalışmasına temel teşkil edecek kavramları açıklayabilmek için malzemenin tanımı, sınıfları ve tarihi, ürün tasarımı ve malzeme ilişkisi, kompozit malzemeler, polimer matrisli kompozit malzemeler ve ürün tasarımı malzemenin önemi konularında literatür taraması yapılmıştır. Türkiye’deki durumu ortaya koymak ve görüşmelerden çıkacak sonuçlarla kıyaslayabilmek için polimer ve kompozit malzemeler sektörüne dair dünyadan ve Türkiye’den istatistikî verilere de başvurulmuştur.

Saha çalışmasında örneklemin belirlenmesi yöntemin önemli bir safhasını teşkil etmiştir. Ürün tasarımı polimer matrisli kompozitlerle çalışan firma ve tasarımcıların geneline dair nicel bir araştırma amaçlanmadığından, örneklem belli bir sayının altında tutulmuştur. Nicel bir yöntem ve perspektif, Türkiye genelinde kaç firma ne zamandan beri polimer matrisli kompozit malzemeyle çalışıyor, bu firmaların sektörel dağılımları, büyüklükleri ve piyasaya sundukları ürünlerin çeşitliliği gibi sorulara cevap verebilirdi. Ancak bu yöntem, birebir firma yöneticileri ve tasarımcılardan öğrenilebilecek bilgi ve deneyimlerin temininde yetersiz kalacak, firma ve tasarımcıların kompozit malzemeleri kullanma sebeplerine, üretim süreçlerine dair derinlemesine bilgilere, karşılaştıkları sorunlara dair pratik örnekler üzerinden yapılabilecek detaylı analizlere imkân vermeyecektir. Bu sebeple saha çalışmasının bu tür ayrıntılı bilgilerin edinilmesini sağlayacak olan derinlemesine görüşme yöntemi kullanılarak yapılması tercih edilmiştir. Bu doğrultuda seçilen dört örneğin farklı alanları temsil etmesi çalışmanın baktığı alanın çeşitlenmesi açısından önemsenmiştir:

Yılmaz Zenger’in örnekleme dâhil edilme gerekçesi kompozit malzemelerle olan uzun geçmişi, malzemeye olan sanatsal yaklaşımı ve malzemenin sınırlarını zorlayan bir tasarımcı olmasıdır.

SafterMobo firması ürün yelpazesinin çeşitliliği (kabin, su deposu, konteynır, çöp kovası, büfe, bankamatik kabinleri, su kaydırağı, tuvalet üniteleri... gibi), polimer matrisli kompozit malzemelerin üretiminde 20 yıldan fazla bir geçmişe sahip olması ve üretim şekli açısından seri üretim koşullarının incelenebileceği farklı bir örnek olması açısından tercih edilmiştir.

GAEAFirms Firması, motosiklet kaskı, buz hokeyi sopası, endüstriyel buzdolapları, ev eşyaları, bahçe mobilyalar gibi farklı alanlardaki uygulamalarıyla, deneysel ve yenilikçi çalışmalarıyla (İTÜ'nün de katıldığı güneş enerjili otomobil yarışında gövde üreticisidir) polimer kompozitlerin muktedir olduğu özelliklerin farkında olan bir firmadır ve bu sebeple çalışmaya dâhil edilmiştir.

LTG Composite, motor sporları gibi farklı bir alanda hizmet veren, ağırlıklı olarak karbon fiber kullanarak otomobil ve tekneler için parçalar üreten bir firmadır. Dünya üzerinde FIA¹ onaylı parça üretimi yapabilen sayılı kuruluşlardan biri olan firmanın, TÜBİTAK ve MİLGEM² ile yürütmüş olduğu farklı çalışmalarının da bulunması örnekleme zenginleştirmektedir.

¹ FIA: Uluslar arası otomobil federasyonu.

² MİLGEM: Milgem (Milli Gemi) Türk Deniz Kuvvetleri'nin, Savunma Sanayi Müsteşarlığı'nın desteğiyle yürüttüğü milli kaynaklarla yapıyor olan ilk savaş gemisi projesi.

2. ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI VE MALZEME İLİŞKİSİ

2.1 Malzeme Nedir?

Malzeme günümüzde en genel şekliyle mühendislik, mimarlık alanlarında, sanatsal çalışmalarda, tasarımda ürünü meydana getiren, fikrin gerçekleşmesine aracılık eden nesne olarak tanımlanabilir. Malzemeler uygarlıkları şekillendirmiş, zamanlarının ileri teknolojisinin ve gelişmişliğinin simgeleri olmuşlardır. Tarihçilerin ve araştırmacıların bronz ve demir devri gibi belli antik tarih dönemlerini ağırlıklı olarak kullanılan malzemelerle isimlendirmeleri, malzemelerin insanlık için ne derece önemli olduğuna işaret etmektedir. Zaman içinde insanoğluyla birlikte değişen, gelişen ve çeşitlenen malzemeler, önceleri bir işlem yapılmaksızın doğal ve saf olarak kullanılmaktayken artan ihtiyaçlar, değişen dünya koşulları ve gelişen teknolojiyle birlikte gün geçtikçe özellikleri açısından bir amaç için üretilmeye, hatta tasarlanmaya başlamışlardır. Malzemelerin geçirdiği değişimi daha iyi anlayabilmek için malzemelerin tarihine kısaca göz atmakta fayda vardır [4,5].

Malzeme tarihine bakarken malzemenin insanla olan ilişkisi göz önünde bulundurulmalıdır. İnsanı diğer canlılardan ayıran özelliklerden biri olan araç kullanabilme yetisi ve araç kullanımına duyduğu gereksinim, malzemelere olan ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Eski çağlarda insanlar, hayatta kalabilmek için barınmak ve araç yapmak zorunda kalmışlardır. Şimdi olduğu gibi eskiden de malzemeler, genellikle kesilerek, düzleştirilerek, yontularak, yani bir nevi şekillendirilerek son haline getirilirdi. Şekil verecek olan malzemenin şekillendirilenden sert olması gerekliliği insanoğlunu çevresinde bulabildiği ilk sert malzeme olan taşa yöneltmiştir. Dolayısıyla taş, alet olarak kullanıldığı bilinen en eski malzemedir. Yaklaşık 2,5 milyon yıl önce başlayan taş devri paleolitik (eski), mezolitik (orta) ve neolitik (yeni) olmak üzere 3 bölüme ayrılır. Taşlar genellikle ağaçları ve diğer taşları şekillendirmede ve av aracı olarak kullanılmaktaydı. Önceleri taşları elleriyle kullanan insanların taşları daha iyi tutabilmek için ağaç parçalarına bağlamaları için ise neredeyse yüz binlerce yıl geçmesi gerekecekti.

Dönemin tek kullanılan malzemesi taş değildi. Minerallerden yapılan boyalar vücut boyamada, bitki lifleri ve hayvan kürkleri giyimde, hayvan kemikleri de balık tutma gibi işlerde kullanılırken, yeşim taşı ve kehribar gibi renkli taşlarda süslemede kullanılmaktaydı. Seramik malzemeler de sıklıkla kullanılırken, doğal olarak bulunan gümüş ve altın nadir bulundukları için değerli ancak teknolojinin gelişimindeki rolleri az madenlerdi.

Malzemelerdeki gelişimin dünyanın her yerinde eş zamanlı olmadığı görülür. Bugün olduğu gibi daha gelişmiş malzemelerin, ileri medeniyetlerde görülmesi de şaşırtıcı değildir. Göçebe toplumdaki yerleşik topluma geçiş insanlara gündelik yiyecek toplama derdinin ötesinde başka etkinlikleri için fırsat yaratmıştır. Bu durum yerleşik hayata geçen grupların çevrelerine karşı merak duymalarını ve zaman içerisinde cevherlere yönelmelerini açıklamaktadır. Bulunan en eski örnekler kolay işlenebilir bir maden olmasından ötürü, yaklaşık olarak milattan önce 9500 yıllarında yapılmış bakır süs eşyalarıdır. Metal cevheriyle tanışan insanoğlu bu yeni malzemeyi farklı amaçlar için kullanmış ve zaman içinde metal malzemenin özelliklerini ve ısının metal üzerindeki etkilerinin önemini ve de üretim yöntemlerini öğrenmiş ve geliştirmiştir. Tam olarak deneme yanılma yoluyla mı yoksa kaza eseri mi bulunduğu bilinemesi de, insanoğlu taş ve organik malzemelerden belirgin uygulamalarda ciddi şekilde avantajlı olan bakırı alaşımlayarak malzemeleri bir adım ileri taşımıştır [6].

Bakırın kalay, kurşun, arsenik gibi cevherlerle alaşımlanmasıyla elde edilebilen bronz, farklı bölgelerde farklı zamanlarda bulunmuş olsa da, en eski örnekleri milattan önce 3000'li yıllara kadar uzanmaktadır. Alaşımlama sayesinde bakırın ergime sıcaklığındaki düşüş, daha yüksek akışkanlığı sayesinde dökümde ağırladığı avantaj ve dökme bronzun bakırdan bariz şekilde sert olması metal malzemeleri daha cazip hale getirmiş ve kullanımlarının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Cam ve özellikle seramik malzemelerin örneklerine sıkça rastlanan bu dönemde metal cevherinin alaşımlanabilirliği ve sağladığı avantajların fark eden insanoğlu, metal malzemeler ve alaşımları üzerine daha fazla yoğunlaşmıştır [4].

Tarihçiler demir devrinin milattan önce 1500 ila 1000 yılları arasında başladığını söylese de, demir cevherinin bilinirliği bundan çok daha öncelere dayanmaktadır. Yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyan demir üretiminin üstesinden gelindikten sonra, ısı işlemleri ve alaşımlamalarla demir cevherinin kullanım alanları genişlemiş ve demir uzun yıllar gücün ve sağlamlığın simgesi olmuştur. Farklı metaller de kullanılmaya

başlandıysa da, metal malzemelerdeki bir başka milat olan dökme demirin gelişimi milattan sonra 1600'lere kadar sürmüştür, sonrasında 1600'lerden 1800'lerin ortalarına kadar çeliğin gelişimi ön plana çıkmıştır. 1900'lerin ilk yarısında hafif alaşımlar, takip eden yıllarda da süper alaşımlar mühendislik malzemeleri arasındaki yerlerini sağlamlaştırmışlardır. Zamanlarının öncü malzemeleri olan metaller yüzyıllar boyunca insanlığa hizmet verecek birçok yeni alet ve ürünün yapımını mümkün kılmışlardır.

1800'lerin ikinci yarısından sonra, metal ve seramik malzemelerin uzun yıllardır egemen olduğu malzeme sektörüne yeni ve güçlü bir rakip gelmiştir: sentetik plastikler. Doğal kauçuk yüzyıllardır kullanıla gelse de, insan yapımı plastiklerin (değişik kaynaklarda farklı ortaya çıkış hikâyeleri anlatılsa da) 1800'lerin ilk yarısının sonlarına doğru keşfedildiği bilinmektedir. Başlangıçta sadece doğal malzemelerin benzerleri olan suni malzemelerin elde edilmesi için çalışmalar yürütüldüyse de, taşıdıkları potansiyelin fark edilmesiyle birlikte bu yeni malzeme alanı çağın teknolojik imkânlarını da arkasına alarak diğer hiçbir malzeme türünün gösteremediği gelişim hızını göstermiştir [4].

Birden fazla malzemenin birbiri içinde çözünmeden bir araya gelmesiyle oluşan kompozit malzemeler, geçmişi eskilere dayanana bir başka malzeme grubudur. Bilinen en eski örneği kerpiç olan kompozitler, günümüzde sahip oldukları ileri malzemeler tanımlamasını, özellikle geride bıraktığımız son yüzyıl içerisinde değişen ve gelişen dünya şartları karşısında seramik, metal ve plastiklerin tek başlarına yetersiz kaldığı durumlarda sergiledikleri üstün performanslarından ötürü kazanmışlardır.

Metallerle birlikte seramik, cam ve polimerler de gelişim gösterecekler de, 1900'lerin ilk yarısına kadar malzeme pazarındaki oranları düşük seviyelerde kalmıştır. 1960'tan sonra metal alaşımlardaki gelişim hızı yavaşlamış, (hatta bazı bölgelerde dökme demir ve çeliğe olan talepte büyük düşüşler görülmüş) diğer yandan polimer ve kompozit sektöründeki gelişimler ise hızlı kazanmıştır [7].

Ortaya çıkış tarihleri hakkında kompozitler gibi genellikle yanılgıya düşülen bir diğer malzeme grubu da melez (hibrit) malzemelerdir. Binlerce yıl önce insanların kendilerini ifade edebilmek için vücutlarını veya mağara duvarlarını boyamada kullanmak üzere çeşitli bitkileri, farklı inorganik pigmentleri ve diğer organik ve

inorganik bileşenleri, parlak ve renkli boyalar elde edebilmek için karıştırdıkları bilinmektedir. Onun için, bilim adamları ve mühendisler tarafından ayrı bir malzeme alanı olarak kabul görmeleri ancak yirminci yüzyılda gerçekleşmiş olsa da, kompozitler gibi melez malzemeler de, geçmişleri eskilere dayanan, sanılanın aksine son yılların icadı malzemeler değildir [8].

Bugün anladığımız şekliyle malzeme biliminin başlangıcı olarak Mendeléev'in periyodik tablosu kabul edilmektedir. O zamandan beri, elementlerle ilgili özellikler periyodik tablodaki yerleri sayesinde daha kolay anlaşılmaktadır. 19 yüzyılın sonlarında kimya ve fiziğin yardımı ve gelişen deney ve analiz yöntemleriyle malzemelerin yapısı daha iyi anlaşılmaya başlanmış, bugün gelinen nokta da malzemeler istenilen özelliklerin yakalanabilmesi için atomlarına müdahale edilebilir duruma gelmiştir. Malzeme bilimi sayesinde yeni alternatif malzemeler kullanarak, sürdürülebilir ekonomik bir gelişim sağlanabilir ya da doğal kaynakların tükenmesiyle oluşabilecek sosyoekonomik problemler bile aşılabılır.

Malzemenin bir bilim dalı olarak ele alınması, farklı disiplinlerin bir arada çalışması, çağın sunduğu teknolojik imkânlar ve insanoğlunun yeni ve daha iyi olana ulaşmak için bitmek bilmeyen arzusu sayesinde malzeme alanındaki gelişmelerin arkası kesilmeyecek gibi durmaktadır. Melez ve kompozit malzemeler, süper iletkenler, termo elektrik malzemeler, ileri seramikler, şekil hafızalı malzemeler, süper alaşımları, biyo malzemeler ve nano malzemeler gibi son dönemde öne çıkan malzemeler mühendislere, doktorlara, tasarımcılara yeni olanaklar sağlarken geleceği şekillendirmemize de yardımcı olmaktadır.

2.2 Malzeme Sınıfları

Malzeme bilimi kimya, fizik, mekanik, manyetik... gibi birçok disiplini bünyesinde barındıran disiplinler arası bir konu olup, günümüzde farklı çalışma alanlarında ortak bir arakesit haline gelmiştir. Bugün tasarım ve üretim alanında farklı uygulamalarda kullanılabilecek yüz binden fazla malzeme bulunmaktadır. Bu malzemeler bakır, dökme demir, pirinç gibi yüzyıllardır hali hazırda kullanılan sıradan malzemelerden; yüksek performanslı çelikler, süper iletkenler, kompozitler ve akıllı malzemeler gibi yeni geliştirilen ve geliştirilmeye açık malzemelere kadar oldukça geniş bir yelpazede farklılıklar göstermektedir. Bu kadar geniş bir yelpazeden doğru malzemeyi seçmek ve seçilen malzemeleri doğru yöntemlerle üretip uygulamaya

koymak günümüz mühendis ve tasarımcılarının karşı karşıya kaldıkları en büyük sorunların başında gelmektedir. Bu sebeple malzemeleri incelerken konunun daha rahat anlaşılabilmesi için genel bir sınıflandırma yapmak doğru olacaktır [9].

Malzemeler çeşitli özellikleri göz önünde bulundurularak sınıflandırılabilir. Malzemeler bileşenlerine göre tek atomlu, çok atomlu, karışım, alaşım olarak sınıflandırılabilirdiği gibi bağ yapılarına göre iyonik, kovalent, iyonik-kovalent, metalik; bileşenlerinin dizilimine göre camı, kristal, yarı kristalin, amorf ya da elektriksel özelliklerine göre iletken, yarıiletken, yalıtkan veya süper iletken gibi de sınıflandırılabilirler. Benzer sınıflandırma örneklerinin çokluğu ve bu sınıflandırma yöntemlerinin kıyaslamayı zorlaştıran karmaşık yapıları, genellikle daha basit sınıflandırma yöntemlerine gidilmesine yol açmıştır [6].

Malzemelerle ilgili kabul görmüş en yaygın sınıflandırma yöntemi malzemelerin; yoğunluk, ergime sıcaklığı, mukavemet, sertlik gibi temel özellikleri göz önünde bulundurularak 3 ana başlık altında toplanmasıdır: Metaller, Plastikler ve Seramikler. Bu malzemelerin birleşimiyle oluşan kompozitler ise bir üst malzeme grubu olarak kabul edilmektedir. Bu başlıkların tümü, farklı özellikler sergileyen oldukça fazla sayıda malzemeyi içermektedir. Bu yüzden, bu dört grup altındaki çeşitli malzemeler farklı gruptaki malzemeler ile bazı özellikleri açısından örtüşebilmektedir [9].

2.2.1 Metaller

Metalik elementler ve ya bunlarına alaşımlarından oluşan, yüksek ergime ve kaynama noktalarına sahip metallerin elektrik ve ısı iletkenlikleri yüksektir. Işık altında parlak ve opaktırlar. Isı yardımıyla tekrar tekrar şekillendirilebilirler. Metaller yüksek dayanım, rijitlik ve sünek özellikler sergilerler [6].

Metaller eskiden beri yapısal uygulamalarda en çok tercih edilen malzemeler olmuştur. En çok kullanılan metal malzemeler: demir, alüminyum, bakır, magnezyum, çinko, kurşun, nikel ve titanyumdur. Yapısal uygulamalarda alaşımlar, saf metallere göre daha iyi özellikler sergilediklerinden, daha fazla tercih edilmektedir. Alaşımlar genelde farklı metallerin ve hatta bazen ametallerin karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Alaşımlamaya bir örnek olarak; dökme demir kırılmalıdır ancak %1 oranında ilave edilecek karbon dayanıklılığını oldukça arttırmaktadır. Yine aynı şekilde dökme demirin korozyon direnci oldukça düşüktür,

krom ile yapılacak bir alaşımlama korozyon direncini arttıracaktır. Benzer şekilde alaşımlama prensibiyle binlerce farklı özellikte metal malzeme yaratılmıştır.

Metaller genelde diğer malzeme sınıflarına oranla yoğunlukları daha yüksek olan malzemelerdir. Metallerden sadece alüminyum, magnezyum ve berilyumun yoğunluk değerleri plastiklerinkine yakındır. Daha iyi anlaşılması açısından örnek verilecek olursa; çelik, bir plastik malzemeden 4 ila 7 kat, alüminyum ise 1,2 ila 2 kat daha ağırdır. Farklı üretim metotlarına sahip metaller genellikle son ürün haline gelmeden önce birkaç seri işleminden geçirilirler [9].

2.2.2 Plastikler

Genellikle organik bileşiklerin uzun zincir yapılar oluşturarak meydana getirdiği plastikler düşük yoğunluğa sahiptir. Plastikler tam opaktan, camsı saydamlığa kadar geniş bir yelpazede ışık geçirgenliğine sahiptir. Üretim esnasında renklendirilebilmeleri ve genellikle sergiledikleri esnek ve lastiksi özellikleri plastiklerin ayırt edici özelliklerindendir [6]. Plastikler yüksek sıcaklık ihtiva eden uygulamalarda düşük ısıl kararlılıklarından dolayı kullanılamazlar. Bazı plastikler 100 ila 200 °C'ler arasında performanslarında herhangi bir azalma olmaksızın hizmet verebilse de, genelde plastiklerin çalışma sıcaklıkları 100°C'nin altındadır. Plastiklerin görece düşük ergime sıcaklığına sahip olması, üretim esnasında metallerdeki gibi yüksek sıcaklıklara çıkılmasını gerektirmediğinden, üretim maliyetlerine olumlu yansımaktadır.

Plastikler, özellikle son 20 yılda en çok kullanılan mühendislik malzemeleri haline gelmiştir. Geçtiğimiz 10 yıl içinde üretilen plastik miktarı çelik miktarını geçmiştir. Hafiflikleri, üretimlerinin metal ve seramiklere nazaran kolay oluşu ve korozyon dayanımları sayesinde plastikler otomotiv endüstrisi, tüketim malları, havacılık ve uzay sanayi başta olmak üzere giderek kendilerine daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Bugün plastikler levha, çubuk, toz, pelet ve granül olarak üretilabilmektedir. Gelişen üretim yöntemleriyle birlikte plastik malzemeler, mamul ya da yarı mamul olarak şekillendirilebilmektedir. Üretim sonucu elde edilebilen yüksek yüzey kalitesi sayesinde birçok imalat işlemine gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla bu durum daha düşük üretim maliyetine sahip parça üretimini mümkün kılmaktadır [9,10].

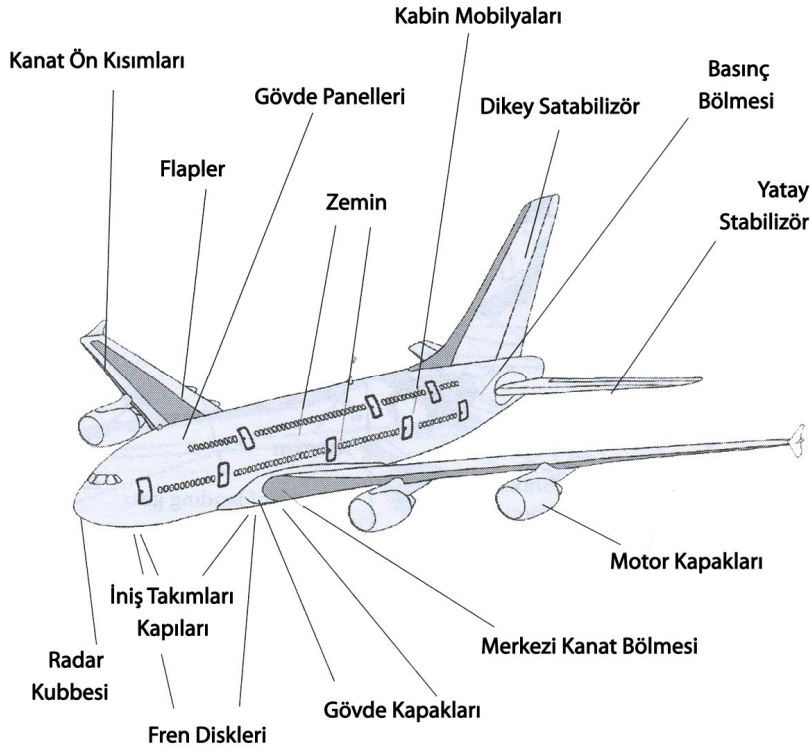
2.2.3 Seramikler

Seramik malzemeler güçlü kovalent bağları sayesinde yüksek ısısal kararlılık ve yüksek sertlik gösterirler ancak oldukça gevrekler. Seramik malzemelerin sünek özellikler göstermemesi kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Elektriksel ve termal yalıtım özelliklerinin üstün olmasından ötürü çoğunlukla yüksek elektrik ve ısı yalıtımı gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Ergime sıcaklıklarının çok yüksek olmasından ötürü, yüksek sıcaklık ihtiva eden uygulamalarda bilhassa tercih edilirler. Seramikler kimyasallar karşısında oldukça kararlıdır.

Üretimleri için yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler gerektiğinden, üretimleri yaygın olarak bilinen metalürjik yöntemlerle mümkün olmamaktadır. Ayrıca içyapıları gereği sergiledikleri yüksek sertlikten ötürü işlenmesi oldukça güç malzemelerdir. Kesme, delme, talaşlı işleme gibi üretim yöntemlerine uygun olmadıklarından, seramikler genelde nihai formlarını alacak şekilde üretilirler [6-9].

2.2.4 Kompozitler

Birbiri içinde çözünmeyen, birden fazla malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan malzemelerdir. Yapıyı bir arada tutan, takviye malzemesini koruyan ve uygulanan kuvveti takviye malzemelerine ileten bir ana matris ve yükü taşıyıcı takviye (fiber) malzemesinden oluşur. Metal, polimer ve seramik malzemelerin farklı kombinasyonlarıyla oluşturulabilen kompozitler, bu malzemelerin tek başlarına sahip olamadıkları özellikleri sunabilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı kompozit malzemeler çağın en önemli mühendislik malzemeleri haline gelmiş; otomotiv, denizcilik, petrol ve spor endüstrileri, tüketim malları ve Şekil 2.1’de görüldüğü üzere havacılık ve uzay sanayisi gibi alanlarda hayat kurtaran çözümler sunmuşlardır.



Şekil 2.1 : Airbus firmasının A-380 modelinde kullanılan kompozit parçalar [11].

Performansları göz önüne alındığında kompozitlerin birçok malzemeye ciddi birer alternatif olabileceği görülmektedir. Aynı mekanik özellikler sergileyen polimer matrisli kompozitlerin çelikten %60 ila %80, alüminyumdan ise %20 ila %50 daha hafif oldukları düşünüldüğünde, gelecekte birçok mühendislik ve tasarım uygulamasında fazlaca tercih edileceklerini tahmin etmek zor değildir [9-12].

Malzemeleri en genel şekliyle yukarıdaki gibi sınıflandırmak malzemelerin sınıfsal özellikleri hakkında genel bir fikir verse de, her geçen gün yenilerinin keşfedildiği ve mevcut malzemelerin özelliklerinin geliştirildiği bu dönemde, malzemeleri sadece içinde bulundukları sınıflara göre değerlendirmek yetersiz olacaktır.

2.3 Endüstri Ürünleri Tasarımının Gelişimi ve Malzeme

Endüstri ürünleri tasarımının tarihsel gelişimi ile farklı dönemlerde farklı sebeplerle tercih edilmeye başlanmış malzemeler arasındaki bağlantıyı kurmak ve malzemelerin ürün tasarımına getirdiği dönüşümlere bakmak ürün tasarımında malzemenin önemini ortaya koymak açısından gereklidir.

Tasarım terimi ister modayla, ister sanatla, isterse de tüketim ürünleriyle ilişkili düşünölsün, artık gündelik dilimize nüfuz etmiş ve gündelik deneyimlerimizin en sıradan yönlerini dahi kapsar olmuştur. Bugün anladığımız anlamda modern

tasarımın tarihine bakmak için on sekizinci yüzyıl Avrupa'sı ve endüstri devrimine kadar geri gitmek gerekmektedir [13].

On sekizinci yüzyılın başında hem üretim yöntemleri hem de tüketim biçimleri açısından Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da eş zamanlı devrimler gerçekleşmiştir. Coğrafi ve sosyal sınırların genişlemesi tüketici taleplerinin hızla artmasına sebep olmuş aynı dönemde üretim teknolojileri ve emeğin örgütlenme biçimi de önemli ölçüde değişmiştir. Bunun yanında makineleşmeyle beraber, yeni malzemeler ve üretim süreçleri geliştirilmiş ve daha geniş çaplı bir üretim mümkün olmuştur. Giderek büyüyen üretimin kontrolünü üreticilerin ve sanayicilerin eline bırakan ve tüketimi arttırmak için yeni pazarlama ve reklam teknikleri üreten kapitalist ekonomik sistemin bir parçası olarak düşünebilecek olan modern tasarım, yine kapitalist ekonomik sistemin yarattığı geniş bir kitle ve kitle tüketimi dinamiklerinden beslenmiştir.

Modern tasarım sosyal, ekonomik, politik ve kültürel yönleriyle de farklı dönemlerin değer ve tutumlarından, egemen ideolojilerinden ayrı olarak ele alınamayacağı için, on sekizinci yüzyıldan bugüne dek, farklı dönemlerdeki dönüşümlerle ilişkili olarak ve o dönemlerdeki mevcut malzemeler ve üretim yöntemleri üzerinden incelenebilir.

On dokuzuncu yüzyıl, başta İngiltere olmak üzere Batı Avrupa'nın, Endüstri Devrimi'nin etkilerinin deneyimlemeye başladığı ve o döneme kadar görülmemiş ekonomik, sosyal ve kültürel bir dönüşüme uğradığı bir dönem olmuştur. Artan fabrikalaşma, yaygınlaşan makineleşme, üretimin ivme kazanması, buna bağlı olarak tüketimin artması, devam eden teknolojik gelişmelerle iletişim ve ulaşımın hızlanması, son olarak da dönem Avrupa'sının rekabet, ticaret ve üretim kavramlarını destekleyen politik bir bağlama sahip olması sonucunda tasarım pratiğinde düzenlemeler ve reformlar gerçekleşmiş, devlet destekli tasarım okulları ortaya çıkmıştır. Bu dönemde daha önce denenmemiş üretim yöntemlerini kullanan deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve kimi yeni malzemeler uygulama alanı bulmuştur. Metal malzemelerin kaplanması, metalürjideki yenilikler, 1855'te alüminyumun ilk kullanımı ve Michael Thonet'in 1851 Londra Fuar'ında sergilediği, buharla ahşap şekillendirme yöntemiyle yapılan sandalyesi dönemin yenilikçi üretim yöntemleri ve malzeme kullanımının farklı örnekleri olarak öne çıkmıştır [14].

1851 Büyük Londra Fuarı katılımcılarının çeşitliliği, sergilenen ürünlerin bolluğu, malzemelerin yeniliği ve de Avrupa'daki orta sınıflaşma ve tüketim kültürünün vitrini olması açısından tasarım tarihinin dönüm noktalarından birisidir. Fuar, sergilenen ürünler satılık olmasa da, orta sınıfa çok geniş bir ürün çeşitliliğinin var olabileceğini göstermiş, aynı zamanda evrensel bir gelişme, sosyal dönüşüm, başarı ve refahın sembolü olmuştur. Londra ve benzeri Philadelphia (1876), Paris (1889), Brüksel (1897) ve St. Louis (1904) fuarları dönemin erken tasarım reformunun kurmaya çalıştığı beğeni standartlarını oturtma ve halkı eğitme çabalarının önemli araçları olmuşlardır [15].

On dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında erken tasarım reformu hareketleri, Avrupa ve Amerika'daki başka reform girişimleriyle birleşmiş, uygulamalı sanatların ve ürün tasarımının önemini ve buna dair bilinci yükselmiştir. 1860'larda açılan büyük mağazalar, tasarım ürünlerinin giderek genişleyen tüketim eğilimli orta sınıfa ulaştığı mekânlar olmuştur. Üretilen mallara ve eşyalara artan talebi karşılayabilmek için üretimde farklı yöntemler denenmiş, sonrasında Henry Ford'un montaj hattına dönüşecek olan daha rasyonel üretim biçimlerine geçilmiştir. Üretim koşullarının değiştiği, tüketici beklentilerinin şekillendiği ürün tasarımının bu erken dönemlerinde Christopher Dresser'in elektro kaplama yöntemiyle gümüş kapladığı çaydanlıkları zamanın ilerisindeki formları kadar ürünün malzemesi olan metalin akıcılığıyla da öne çıkmıştır. Aynı dönemde Amerika'da cam ve metalin yenilikçi kullanımı Louis Comfort Tiffany'nin lamba tasarımlarında da görülmektedir [16].

1800'lerin sonuna doğru makineleşme ve fabrikalardaki iş bölümünün insanları makineleştirmesi eleştirilmeye başlanmış, John Ruskin ve William Morris gibi tasarımcılar üretim ve tasarım konularını etik bir çerçevede ele almış, zanaat ve zanaatkârı, el becerisini, ahlaki ve ruhani değerleri öne çıkarmışlardır. I. Dünya Savaşı'na kadar, Sanatlar ve El Sanatları Hareketi (Arts and Crafts Movement) ön plana çıkmış, endüstri devriminin ucuz, kötü üretilmiş ve niteliksiz mallar ortaya çıkardığının altını çizerek, el sanatlarını yeniden canlandırmayı, üretilen malların işlevsel ve güzel olması gerekliliğini vurgulamıştır. Akımın önemli temsilcilerinden Gustav Stickley meşe ağacı ve bakırı birçok ürününde kullanmıştır [15].

1910'lara gelindiğinde, Peter Behrens'in AEG'de danışman olarak çalıştığı dönemde elektriğin mutfak ve diğer ev aletlerinde kullanımını teşvik etmek amacıyla

tasarladığı ürünlerden, pirinç malzemeyi kullanarak tasarladığı elektrikli çaydanlık, farklı malzeme kullanımıyla öne çıkan dönemin simgeleşmiş ürünlerinden biridir.

1920’lerde tarihlenen Art Deco akımı polimer malzemelerin kullanıldığı ilk akım olarak dikkat çekmektedir. Plastiğin ilk ticari uygulaması olan bakalit çok çeşitli renk ve doku uygulamalarını mümkün kılarak Art Deco hareketinin simgesi haline gelmiştir.

İki dünya savaşı arasında gerçekleşen, 1925 yılında yapılan Paris Enternasyonal Dekoratif ve Endüstriyel Sanatlar Fuarı, 1919 ve 1933 yılları arasında birçok tasarımcıyı yetiştiren Bauhaus okulu ve 1933 New York Dünya Fuarı tasarım tarihi açısından dönemin önemli olaylarıdır. Tarih boyunca savaşlar her zaman teknolojik yenilikleri tetikleyen sosyal olgular olmuşlardır. İki büyük dünya savaşına tanıklık eden yirminci yüzyılda, savaş endüstrisinin geliştirdiği malzeme sektörü ve üretim yöntemleri dönemin tasarımcılarına daha zengin bir malzeme yelpazesi sunmuş ve kimi deneysel çalışmalara imkân yaratmışlardır [14].

Modern ve işlevsel yaklaşımın iyi bir örneği olan ve düzgün geometrik formlar kullanan Bauhaus akımı endüstriyel olana odaklanmış, makineleşmiş mekanize seri üretim ve yeni malzeme teknolojileriyle güçlü bağ bir içerisinde olan yeni endüstriyel malzemelerin estetik potansiyellerini ortaya çıkarmayı hedeflemiştir. Bauhaus okulunun önemli temsilcilerinden biri olan Marcel Breuer’in 1926 yılında tasarladığı, krom kaplı tek bir çelik boruyu (herhangi bir ek yeri olmaksızın) kıvrarak sandalye iskeleti oluşturduğu “Cesca” sandalyesi modern hareketlerin mükemmel bir dışa vurumu olarak hatırlanmaktadır. Dönemin teknolojik sınırlarını zorlayan bir başka örnek Şekil 2.2’deki Hans Coray’ın 1938 yılında tasarladığı “Landi” sandalyesidir. Devrin pahalı malzemelerinden olan alüminyumdan imal edilmesi ve alüminyumun o zamana kadar mobilyalarda kullanılmamış olmasından ötürü dikkat çekici bir örnektir. Ürün geliştirmenin sadece tasarımsal değişikliklerle değil malzemeyle de sağlanabileceğinin ilk ve başarılı örneklerinden biri olan “Tip 300” telefonunda, Henry Dreyfuss, mekanizmada yaptığı bazı değişikliklerin yanında metal dış aksamı plastikle değiştirerek, plastik malzemenin getirdiği hafiflikten dolayı kullanım kolaylığını (telefon ahizesi için) hayata geçirmiştir [14,16].



Şekil 2.2 : Marcel Breuer'in “Cesca” sandalyesi (solda) ve Hans Coray’ın “Landi” sandalyesi (sağda)

1930'lara damgasını vuran bir başka akım aerodinamiydi (Streamline). I. Dünya Savaşı'nda havacılık endüstrisindeki rekabet, uçakların gelişimini tetiklemiştir. 1920'lerde başlayan araştırmalar su damlası formunun uçakların rüzgâr direncini düşürdüğü buna bağlı olarak da hızın arttığı ve yakıt tüketiminin düştüğünü ortaya koymuştur. Savaş süresince kazanılan bu deneyimlerin, savaş sonrası Ford'un T-modelinin yakaladığı başarının da tetiklemiş olduğu otomotiv endüstrisine yansması büyük değişimlere yol açmıştır. Birçok yenilikçi tasarımın ortaya çıktığı bu dönemde alüminyum malzemenin yaygın kullanımı dikkat çekicidir. Bu akım daha da genişleyerek otomobillerin çıkışıyla düşüşe geçen demiryolu taşımacılığını yeniden canlandırmıştır. Malzeme olarak oluklu yapıdaki çelik ve alüminyumun tercih edilmesi ve dizel motorların kullanılması yeniden tren yolculuğunu tercih edilir hale getirmiştir. Akım, çağırttığı hız, teknolojik gelişim ve modern yaşam gibi kavramlar sebebiyle Şekil 2.3'de görüldüğü üzere herhangi bir aerodinamik özelliğe ihtiyaç duyulamayan süpürge ve buzdolabı gibi ev eşyalarında bile zaman içerisinde yansımalarını bulmuştur [15].



Şekil 2.3 : Streamline akımından etkilenen Harold S. Ryden'in 1955'te tasarladığı elektrik süpürgesi.

II. Dünya Savaşı sonrasında 1960'lara kadar olan dönemde, yaralarını saran ülkeler savaş sebebiyle bozulan ekonomilerini düzeltmeye çabalamakta, ABD Marshall Planı gibi yardımlarla Sovyetler Birliğinin büyüyen gücüne karşı Avrupa ülkelerinin endüstriyel üretimini beslemektedir. Bu dönemde oluşturulmaya çalışılan kitle, modern yaşam tarzını benimsemiş, özgürlük ve bireyselleşme kavramlarını içselleştirmiş, lüks tüketim ve orta sınıflaşmaya odaklanmış, beğenisi modern ürün ve tasarımların estetik ve pratik avantajlarını kavrayabilecek yönde şekillendirilmiş bir kitledir. Bu yolda Hollywood film endüstrisi, popüler dergiler ve reklamlar gibi kitle iletişim araçları etkin şekilde kullanılmıştır.

Bu doğrultuda kitlelerin meta tüketimi arttıkça ve çeşitlendikçe yeni malzemelerin ve teknolojilerin kullanımı savaş veya ulaşım gibi lokomotif sektörlerden, gündelik eşyalara ve ev içi ürünlere doğru kaymıştır. Savaş sonrası tasarımın standartları plastik, fiberglas ve kontrplak gibi yeni malzemeler ve yeni kalıplama yöntemlerinin birleşimiyle oluşmuş, konfor, teknolojik yenilik ve bireysel dışa vurum gibi kavramlarla şekillenmiştir. Earl Tupper'ın 1940'ların sonunda tasarladığı bir dizi polietilen saklama kabı plastik malzemenin ev içi ürünlerde yeni ve pratik kullanımına iyi bir örnek teşkil etmektedir. Orsardo Borsani'nin 1954 yılında otomotiv sektöründeki tekniklerden esinlenerek ve Pirelli firmasının çıkarmış olduğu yeni bir plastik malzemeyi döşeme dolgularında kullanarak tasarladığı "Reclining" sandalyesi, ürün tasarımında farklı sektörlerle işbirliğinin farklılaşma ve yenilik adına kullanılmasının bir kanıtı olarak ele alınabilir. Plastik ve fiberglas gibi dönemin yeni malzemeleriyle, çelik ve kontrplak gibi malzemelerin bir arada kullanıldığı depolama ünitesi "Eames Storage Unit", Charles ve Ray Eames gibi tasarımcıların deneysel çalışmalarının en ünlü örneğidir. Şekil 2.4'de görülem Danimarkalı tasarımcı Arne Jacobsen'in 1957'de tasarladığı "Egg Chair", modern endüstriyel malzemelerin heykelsi imkânlarını ortaya çıkaran fiberglas, çelik ve köpük yapıdaki plastik sünger gibi malzemelerin bir arada kullanıldığı ve tasarımcının bireysel dışavurumunu gözler önüne seren önemli örneklerden bir diğeridir [14, 15].

Plastiklerin renkli ve ışık geçirgen yapıları, başta aydınlatma olmak üzere sofrta takımları ve birçok süs eşyasının tasarımında seramiklerle birlikte tercih edilen malzeme olmalarına yol açmıştır. Plastikler ayrıca elektrikli süpürge, mutfak gereçleri, radyo, pikap vb elektrikli ev aletleri, fotoğraf makineleri, ofis eşyaları ve

aydınlatma gereçleri gibi uygulamalarda daha fazla tercih edilmiştir. Dönemin plastik malzemeyle fark yaratmayı başarmış bir başka örneği Lego'dur. Başlarda ahşap oyuncaklar üreten firma, birbirine kilitlenebilen tuğla şekilden bir model geliştirmiş, bu oyuncak için ahşap malzeme yerine plastik malzemeyi tercih etmiştir.

1960'lar boyunca malzeme teknolojileri çok sayıda ürün tasarımını tetiklemeye ve iyi tasarım anlayışını şekillendirmeye devam etmiştir. 1963'te İngiliz tasarımcı Robin Day'in "Polyprop" sandalyesinde, fiberglasla yarışabilecek yeni esnek bir plastik olan polipropileni kullandığı görülür. 60'ların başında sert plastiklerin enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretimi, mobilya sektörüne geniş imkanlar sunmuştur. Habitat, Kartell gibi plastik enjeksiyon yöntemiyle ürün çıkaran büyük firmalar geniş ürün yelpazeleri, farklı sergileme biçimleri ve benzer ürünlerin çok sayıdaki varyasyonlarını piyasaya sürmeleriyle; adeta ürün tüketiminin kendi başına bir amaç haline gelmesine yol açan ve ihtiyaçlarla arzular arasında veya kullanım nesnesiyle tasarım nesnesi arasındaki ayrımları muğlaklaştırıcı pazarlama stratejilerini uygulayan firmalara örnek olarak verilebilirler.



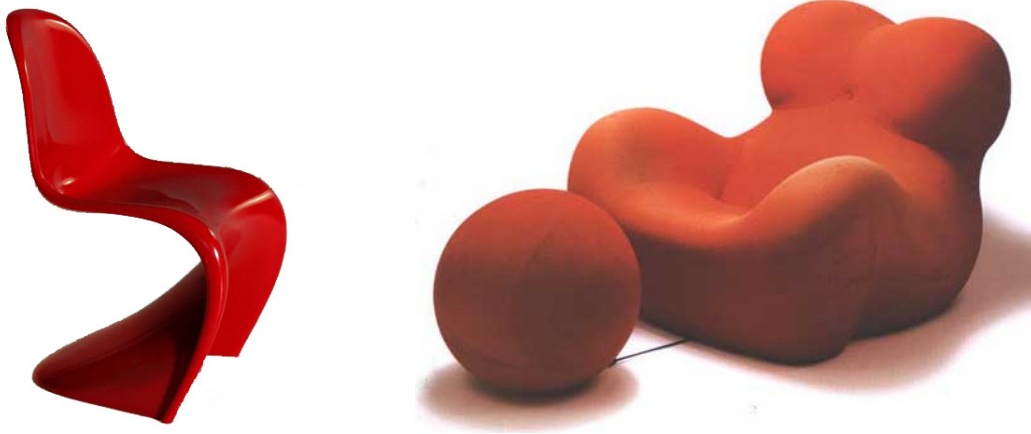
Şekil 2.4 : Robin Day'in "Polyprop" sandalyesi (solda) ve Arne Jacobsen'in "Egg Chair" sandalyesi (sağda).

Bu firmalara ek olarak 1967'de İskandinav tasarımcı Verner Panton'un cam takviyeli polyesterden yaptığı "Stacking" sandalyesi, dönemin plastik kullanımının ayrıksı bir örneğidir. Plastik malzemelerin mobilya sektöründeki deneysel uygulamalarından olan Gunnar Andersen'in, köpük kauçuğun enjeksiyondan farklı olarak dökme yöntemiyle ürettiği koltuğu, çağdaş endüstriyel malzemelerin doku ve estetik sınırlarının zorlanmasına iyi bir örnek olmasından ötürü Modern Sanatlar Müzesi'ne girmiştir [14,15].

70'lere gelinirken, plastiklerin radyo frekansıyla kaynaklanabilmesi sayesinde PVC'den yapılmış plastik şişme koltuklar hafiflik, portatiflik ve sabit olmamalarının getirdiği avantajlarla çok sayıda eve girmeyi başarmıştır. 70'lerde ayrıca fotoğraf makinesi, daktilo, televizyon, kasetçalar gibi ürünlerin iç mekanizmalarının giderek karmaşıklaşması, bu mekanizmaları çevresel etkilerden koruyacak, aynı zamanda da ürüne görsel bir etki katacak dış "kabuk" tasarım kavramının hızla önem kazanmasına yol açmıştır. Elektrik ve elektronik piyasasına kısa sürede hâkim olacak Japon firmalarının peş peşe çıkaracağı televizyon, hesap makinesi, dijital saat, walkman gibi yeni ürünler, taşıdıkları teknolojik yeniliklerin yanında, yenilikçi üretim yöntemleri ve malzemeleri kullanmış olmalarıyla uzak doğunun tasarım alanında söz sahibi olmasına katkıda bulunmuşlardır [16].

Yeni teknolojiler ve malzemelerin en çok kullanıldığı ve şekil verdiği alan spor araç gereçleridir. Çelik, alüminyum, karbon fiber, titanyum hatta yüksek teknolojlili seramiklerin kullanıldığı kayak takımları, golf, beysbol, hokey sopaları, bisikletler ve tenis raketleri gibi ürünler çoğu zaman sıradan bir kullanıcının bu malzemelerle bulunduğu ilk yerler olmuştur.

70'ler ve 80'ler boyunca Avrupa'da sosyal ve siyasi sahneyi etkileyen akım ve alternatif ideolojiler zaman içerisinde tasarım alanında da yansımalarını bulmuşlardır. Feminizm ve kadın hakları, çevre hareketi, ırkçılık ve eşcinselliğe karşı ayrımcılıklara direnen hareketler bunlardan bazıları olarak gösterilebilir. Bunların dışında tasarım alanını gençlik kültürü ve benzer alt kültürler de ciddi şekilde etkilemiş, geleneksel sınırları ve sosyal davranış normlarını zorlayan tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu tür politik duruşların ve sosyo-kültürel hareketlerin tasarıma yansımış en önemli örneklerinden biri olarak, Şekil 2.5'de görülen Gaetano Pesce'nin poliüreten köpük üzeri naylon kumaş kaplı "Donna" koltuğu verilebilir. Formu itibarıyla kadın figürünü çağrıştırmakta olan koltuk kadınların özgürleşme hareketiyle ilişkili olarak tasarlanmıştır [14].



Şekil 2.5 : Verner Panton’un “Stacking” sandalyesi (solda) ve Gaetano Pesce’nin “Donna” koltuğu (sağda).

Geç kapitalist veya post-endüstriyel olarak adlandırılan dönemde, giderek daha bölünmüş bir kitleye daha hızlı ve çeşitli, çehresi sürekli değişen ve kişiselleştirmeye açık ürünler sunulmuş; bunun yanında servis ve iletişim sektörleri büyümüş ve bilişim teknolojileri gelişmiş, cep telefonu, kişisel bilgisayar, mp3 oynatıcılar, DVD oynatıcı, internet gibi ürünler ortaya çıkmıştır. Bu gelişmeler üretim sektörünü baştan aşağı değiştirmekle kalmamış tasarım pratiğini, reklamcılık ve pazarlama etkinliklerini ve stratejilerini ve de belki de en önemlisi kullanıcı beklentilerini ve ürün-kullanıcı ilişkilerini dönüştürmüştür. 1980’lerde dijital saat devriminin gerçekleşmesi, kaliteli ve pahalı malzemelere dayanan geleneksel İsviçre saat endüstrisinin sarsılmasına yol açmıştır. Swatch markasının geleneksel malzeme anlayışını değiştirip, plastik malzemeyi kullanarak ucuz ve eğlenceli tasarımlar yaparak başarıya ulaşması, malzemenin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Zaman içinde tasarımın eğlenceli, şaşırtıcı ve alaycı yönü tasarımcılar tarafından daha fazla kullanıcı çekebilmek için ön plana çıkarılmıştır. Bu yeni tasarım anlayışı, ürünlerde zekice tasarlanmış formlar ve mekanizmalarla sağlanabildiği gibi, yeni malzemelerin kullanımı veya bir malzemenin alışlagelenin dışına çıkan kullanımıyla da sağlanmıştır. Michael Graves’in 1990’ların sonunda tasarladığı çok sayıda mutfak gerecinde paslanmaz çelik ve gümüş yerine alüminyum ve renkli plastiği tercih etmesi işlevsel olanla eğlenceli olanın farklı malzeme kullanımı yoluyla buluşturulmasına örnek teşkil etmesi açısından önemlidir [17].

Özellikle 1990’lar ve 2000’lerde kullandıkları malzemeler ve üretim yöntemleriyle fark yaratmış tasarımcı ve ürünlerin çokluğu, bu farklı kullanımlara dair münferit

örnekler vermeyi zorlaştırmaktadır. Önceki dönemlere dair öne çıkarılan tasarımcı ve ürünler, bugüne nazaran, kendi dönemlerini daha iyi temsil edebilmekteyken, bugün sonsuz ürün ve malzeme çeşidi, tasarım ve üretim yöntemi arasından birkaçını öne çıkarmak dönemi temsil etmekte yetersiz kalacaktır.

Bu bölümde endüstri ürünleri tasarımının tarihine 1800'lerden başlanarak bakılmış, özellikle farklı üretim yöntemleri veya farklı malzemeleri kullanarak dönemlerinde sivrilmiş örneklerin altı çizilmiştir. Burada amaç ürün tasarımında malzemenin ne denli belirleyici olduğunu, hatta ürünlerde vücut bulmuş şekliyle sosyal ve kültürel alana yön verici olduğunu tasarım tarihinden örneklerle ortaya koymaktır. Buradan hareketle, ürün tasarım sürecinde malzeme seçiminin önemi, tasarımın hangi aşamalarında ele alındığı, malzeme seçimini belirleyen etkenler, tasarımcıların malzeme seçiminde dikkat ettikleri hususlar gibi noktalara daha detaylı olarak bakmak anlamlı olacaktır.

2.4 Endüstri Ürünleri Tasarımında Malzeme Seçimi

İnsanı hayvanlardan ayıran önemli özelliklerden biri soyutlama becerisidir ve bu soyutlama becerisi gelişmiş bir zekâ ve geniş bir hayal gücünü gerektirmektedir. İnsan beyninde analitik düşünme, yaratıcılık ve el koordinasyonu becerisi, soyut düşünme ve dil becerisi ile aynı kortekse bağlı olarak gelişmektedir. El koordinasyonu, yaratıcılık ve soyutlama becerileri birlikte gelişen insanoğlu, kendi türünün devamı, rahatı ve gelişimi için çeşitli ve gelişmiş aletler yapabilen bir tür olarak diğer türlerden önemli ölçüde farklılaşabilmiştir [18].

Çoğunlukla avcı toplayıcı olarak yaşayan erken insan gruplarının sahip olduğu en gelişmiş bilgi dağarcığı çevresel kaynakları kullanabilme, biyoloji ve botanik alanındadır. İnsanoğlu bu bilgileri alet yapma ve yaratıcılık becerisiyle birleştirerek, çevresinde mevcut doğal malzemeleri kullanarak ilk aletlerini yapmışlardır [18]. Deri, toprak, hayvan kemik ve kabukları, taş ve bitkileri kullanarak av aletleri, kap kacak, kıyafet ve zaman içerisinde barınak gibi yaşamsal ihtiyaçlarına çeşitli çözümler geliştirmişlerdir. Bu erken dönemlerdeki malzeme seçiminin sınırlı sayıdaki mevcut malzemeler arasından yapıldığı düşünülürse, bugün anladığımız anlamda malzeme seçiminden bahsetmekten çok, olası malzemelerin verimli şekilde kullanılmasından söz edilebilir. Yüzyıllar içerisinde değişen çevresel koşullar, mevcut kaynakların ortaya çıkarılması, insanoğlunun teknoloji bilgisi ve

kullanımının gelişimi, alet ve ürünlerin, malzemeler ile birlikte eş zamanlı olarak hızla çeşitlenmesine yol açmıştır.

Özellikle son iki yüzyıl içerisinde modern endüstriyel toplumlarda malzemeler ve bu malzemelerin şekillendirilip ürüne dönüştürülmesi tarihte hiç olmadığı kadar hızlı gelişmiştir. Bu gelişmeler insanlık için birçok açılım ve imkân yarattığı gibi büyük sorunları da beraberinde getirmiştir. İnsanların giderek artan hızlı tüketim eğilimleri ve tüketilen malzemelerin çeşitliliği son yüzyıla damgasını vurmaktadır. Durum o kadar çarpıcıdır ki şu an dünyadaki üretim hızı ve tüketim alışkanlıkları bu şekilde devam ederse, tarihten bugüne değin kullanılmış tüm malzemelere eş değer miktarda malzemenin önümüzdeki 15 yıllık süreç içerisinde tüketileceği varsayılmaktadır [19].

Tüketim alışkanlıklarının arttığı ve çeşitlendiği bu dönemde insanlar malzemelerle büyük ölçüde ürünler üzerinden ilişki kurmakta ve malzeme tüketimi de daha çok ürün tüketimi üzerinden gerçekleşmektedir. Malzeme ve ürün ilişkisi yukarıdaki gibi tüketim üzerinden kurabileceği gibi üretim üzerinden de kurulabilir. En genel anlamda tasarım fikri somut bir ürüne dönüşebilmek için malzemeye ihtiyaç duymaktadır ve bu yüzden üretilen her bir ürün için malzeme önemli bir bileşendir. Ürün tasarımında malzeme, ürüne kazandırdığı teknik, ekonomik, estetik ve duyuşsal özellikleri bakımından da aynı zamanda ciddi bir değişkendir. Sayıları yüz binleri aşan malzemeler arasından uygun ve doğru olan malzemenin seçimi ürün tasarımı sürecinde ele alınması gereken temel bir aşamadır.

Tasarım alanında malzeme seçimi konu olduğunda akla gelen ilk soru, herhangi bir ürün için tek bir “doğru” malzemenin olup olmadığıdır. Bu sorunun mühendislik alanında karşılaşılan sorulardan farklı olarak tek bir yanıtı olmayacaktır. Mühendislik alanında, analitik yöntemler kullanılarak tek ve doğru bir sonuca gidilebilirken, tasarım alanında böyle tek bir “doğru”dan bahsetmek mümkün olmamaktadır. Tasarım, ancak bazı çözümlerin diğerlerinden “daha iyi” olduğu açık uçlu bir disiplindir. Bu doğrultuda bir ürün için doğru malzeme seçimi gibi bir kavramdan bahsetmekten çok, ürünün malzemeyle olan ilişkisi, malzeme seçiminde ele alınması gereken ölçütlerden bahsetmek ve bunları tartışmak daha doğru olacaktır [19,20].

Bir tasarım fikrinin olgunlaşarak bir ürüne dönüşmesi sırasında geçirdiği evreler ve takip edilecek adımların, ürünün pazardaki başarısıyla olan bağlantısının anlaşılması, yıllar içinde araştırmacıları tasarım aktivitesinin dinamiğini ve mekanizmasını

anlayabilmek adına bu alanda araştırma yapmaya itmiştir. Araştırmalar tasarımcıların malzeme konusunu tasarım aktivitesinin tüm aşamalarında farklı şekilde defaten ele aldıklarını ortaya koymaktadır [1]. Tasarım, bir pazar ihtiyacının veya yeni bir fikrin ele alındığı kavramsal tasarımla başlayan, sonrasında bu kavramın geliştirildiği ve son olarak da fikrin tüm detaylarıyla ele alındığı üç aşamalı bir süreç olarak ana başlıklar altında incelenebilir. Fikirle nihai ürün arasında birçok alt basamağa da sahip olan bu süreçteki birinci aşama olan kavramsal tasarım, yeni fikirler ve farklı yaklaşımların denenmesi, birçok seçeneğin göz önünde bulundurulması ve tüm malzemelerin değerlendirilmesi gereken ve belli kısıtların³ henüz devreye girmediği bir fikir aşamasıdır. Bu noktada tasarımcılar olası fırsatları kaçırmamak için tüm malzeme seçeneklerini göz önünde bulundurmaya açık olmalıdır. Bu aşamada bilginin detaylı ve kesinliğinden çok hızlı ulaşılabilir olması önemlidir [1].

Kavramsal fikirlerden bir veya birkaçı üzerine odaklanıldığı ve fikirlerin zamanla daha çok şekillendiği ikinci aşamada, kriterler giderek kesinleşmeye başlar. Kullanılması mümkün olan malzemelerin sayıları giderek azalır ve seçilecek malzeme alt kümeleri için daha detaylı ve kesin bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgilere daha özelleşmiş malzeme katalogları ve el kitaplarından ulaşılabilir. Dikkat edilmesi gereken, seçilecek malzemenin uygun olmadığının anlaşıldığı bir durumda, daha önceki bir adımda farklı çözüm yolları sunan bir başka malzemenin, tek tip bir düşünce yapısına saplanılmış olması yüzünden kaçırılabilir olmasıdır [18, 20].

Son aşamada, ürünün meydana getirileceği malzemeye veya malzemelere karar verebilmek için, kalan az sayıdaki malzemedan her biri için eksiksiz ve kesin bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır ve malzeme seçimini belirlemek üzere daha detaylı ve farklı bir analiz sürecine geçilmektedir. Üreticilerin yayınlamış oldukları kataloglar ve çeşitli veri tabanlarında yer alan bilgilerden yararlanmak tasarımcı için en hızlı çözümlerden biridir [1]. Kısaca özetlemek gerekirse, ürün tasarımı aşamalarında malzeme seçimi için gerekli yöntem genel olarak başlangıçta seçeneklerin zenginliğini barındırmalı ancak aynı zamanda tasarımın son aşamalarında gerekli olacak hassas ve kesin detay bilgileri de sağlamalıdır.

³ Burada kavramsal tasarım aşamasında maliyet, üretilebilirlik gibi kısıtların henüz devreye girmediğinden bahsetsek de, bir süredir “üretim için tasarım” (design for manufacturing) gibi kavramların ortaya çıkmış olduğunu, bu doğrultuda daha kavramsal tasarım aşamasında benzer kısıtların ele alındığını gözden kaçırmamak gerekir.

Ürün tasarımında malzeme seçimi, malzemenin şekillendirildiği, işlendiği, birleştirildiği üretim yöntemlerinden bağımsız olarak düşünülemez. Ürün, malzeme ve üretim yöntemleri arasındaki bu ilişki, ürün tasarımcısının sadece malzeme konusunda değil aynı zamanda üretim konusunda da yeterli ve güncel bilgilere sahip olmasını gerektirmektedir. Eskiden zaman içinde edindikleri bilgi birikimleri ve deneyimleri sayesinde daha çok mühendislerin söz sahibi olduğu bu alanda; bilişim teknolojileri çağında üretilen yeni bilgilere hızlı ulaşımın gerekliliği, farklı iş bölümleri ve yeni becerilere duyulan gereksinim, iş yapış biçimlerindeki değişimler ve çalışan kadrolarının kısa süreli sirkülasyonları gibi sebepler daha sistematik yaklaşımları doğurmuştur. Özellikle malzeme bilgisinin de hızlı değişimi göz önüne alındığında bugün ihtiyaç duyulan daha çok bilgisayar teknolojilerinin imkânlarını kullanan ve diğer tasarım yöntemleriyle ilişkide olan bir yöntemdir [7].

Malzeme bilimi mühendisler ve bilim adamlarının süregelen derinlemesine araştırmaları ve üretilen bilgilerin ışığında oldukça genişlemiş bir alandır. Bu alanda mühendisler, malzemeleri sadece belli özellikleri açısından ele alan malzeme el kitaplarından yıllardır faydalanmaktadır. Son dönemde bilgisayar teknolojilerinin yardımıyla, sisteme tanıtılan veriler doğrultusunda, herhangi bir uygulama için doğru malzemenin ne olması gerektiğini söyleyen yazılımlar da kullanılmaya başlanmıştır. Burada amaçlanan hızlı ve doğru malzeme seçimini objektif olarak yapabilmektir. Sürekli güncellenebilen bu sistemler malzemeleri teknik özelliklerine göre sınıflandırma, farklarını ortaya koyma gibi konularda oldukça başarılı sonuçlar vermişlerdir [21, 22].

Ürün tasarımında malzeme seçimi konusunda malzemeler sadece teknik özelliklerine göre ele alınmadığı için durum biraz daha karışık hale gelmektedir. Ürün çeşitliliğinin körüklediği artan rekabetçi pazar ortamında bir ürünün başarılı olabilmesi için sadece fiyat avantajı, kullanım kolaylığı, fonksiyonel özelliklerini yerine getirecek doğru teknik alt yapıya sahip olması gibi özelliklerin yeterli olmayacağı anlaşılmıştır. Piyasada bu teknik özelliklere sahip birbirinin aynı ürünler rekabet ederken, başarıyı getirecek olan, ürünün görsel ve dokunsal cazibesi, yarattığı fark, uyandırdığı çağrışım ve duygular olacaktır [1]. Hatta bazı tasarımcılar malzemeleri sadece farklılaşma ve yenilik adına kullanmakla kalmayıp aynı zamanda ürünlere malzemeler üzerinden anlamlar yüklemekte, ürünlerini yapıldıkları malzemeleri üzerinden tanımlamaktadırlar.

Malzemelerin elle tutulamaz özelliklerinin ürün tasarımcıları için malzeme seçiminde önemi büyük olsa da, malzeme seçimi için hâlihazırda kullanılan malzeme el kitapları, malzeme katalogları, bilgisayar yazılımları veya malzeme seçim için geliştirilen yöntem ve yaklaşımlar malzemeleri bu özellikleriyle değerlendirmemektedir. Mühendisler malzemeler hakkında istedikleri bilgilere yukarıdaki kaynakları kullanarak kolayca ulaşabilmekte, ürün tasarımcıları ise sadece teknik veriler sunan bu sistemlerin tek başlarına yetersiz olmasından dolayı gerekli desteği alamamaktadır [21, 23].

Geç de olsa fark edilen bu durum farklı mühendislik temelli kaynaklara da yansımış, zaman içinde öne çıkarılan konuların değiştiği görüşmüştür. Patton, 1968 yılındaki “Materials in Industry” kitabında tasarımcıların malzeme seçerken üç temel noktayı göz önünde bulundurmaları gerektiğinden bahsetmektedir: sertlik, mukavemet, korozyon dayanımı ve tokluk gibi ürünün hizmet verdiği süre boyunca karşılaması gerekli özellikler, üretimsel gereklilikler ve ekonomik gereklilikler. Burada esas olanın birincil özellik olduğunu ancak tasarımcının seçeceği malzemenin işlenebilir ve üretime uygun olması gerektiğini ve de tasarımcının bir diğer önemli görevinin genel ürün ve üretim maliyetlerini azaltmak olduğunu vurgulamıştır.

Benzer dönemde bir başka kaynakta malzemenin mekanik özelliklerinin temelinde yatan sebeplerin anlaşılmasının, malzeme biliminde gelişmelere yol açacağı ve bu gelişimlerin de tasarımcıları malzemeleri yeni alanlarda kullanmaları için cesaretlendireceğinden bahsedilmektedir. Lindbeck’e göre de, üretilebilirlik ve mukavemet gibi özelliklerin göstergesi olan mekanik özellikler önemlidir ve bu özelliklerin bilinmesi malzemeleri bazı özel durumlarda kullanılabilir kıldığı için değer kazanmaktadır. Budinski 1996 yılındaki “Engineering Materials: Properties and Selection” kitabında malzeme seçimini dört etken üzerinden ele almıştır: kimyasal, fiziksel, mekanik ve boyutsal özellikler. Budinski’nin değindiği bir diğer farklı nokta malzemelerin ticari sorunlarıdır. Malzemeler üzerindeki çevresel ve düzenleyici faktörlerin, dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta olduğuna değinmiş ve en az ekonomik özellikleri kadar önemli olduğunu vurgulamıştır. Budinski ayrıca malzemelerin bulunabilirliği ve kullanılabilirliğinin de ürün tasarımı açısından bağlayıcı olduğunu belirtmiştir. Malzeme seçiminde, malzemelerin bulunabilirliği konusuna değinen bir diğer önemli tasarım mühendisi olan Mangonon, malzemelerin

karşılaştığı kısıtlayıcı ve düzenleyici faaliyetlerden, ayrıca malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüşüm gibi olgulardan da bahsetmiştir [19].

Ürün tasarımında malzeme seçimi konusunda ele alınması önemli noktaların değişimi Ashby'nin 1992 ve 2005 yıllarında yazdığı kitaplardan da belirgin şekilde gözlenebilmektedir. 1992 yılındaki kitabında malzemeleri genel, mekanik ve termal özellikleri, korozyon ve aşınmaya karşı gösterdikleri özellikler üzerinden sınıflandıran Ashby, 2005 yılına gelindiğinde bu özelliklere ek olarak elektrik, optik ve çevresel özelliklerden bahsetmiştir. Yine Ashby ve Johnson ürün tasarımında malzeme seçimi konusunda estetik değerlerin önemine vurgu yapan ilk yazarlardır. Malzemeleri estetik özelliklerine ek olarak birbiriyle örtüşen iki farklı rolle tanımlamaktadırlar: malzemelerin teknik işlevsellik sağlaması ve ürüne kattığı kişilik değeri. Lindbeck de malzemenin estetik yönünün altını çizen renk, doku, görünüm ve uyandırdığı his gibi kullanıcıların duyularına doğrudan hitap eden bu karakteristik özelliklerden bahsetmiştir [19].

Günümüzde malzeme ve tasarım alanındaki araştırmacılar bu iki alan üzerinde derinlemesine araştırmalar yapmakta ve tasarımcıların ihtiyaç ve beklentileri temel alınarak, yeni malzeme seçim yöntem ve sistemleri geliştirilmektedir. Yakın zamanda Uluslararası Malzeme Bilgileri Topluluğu (ASM International) endüstriyel ürün tasarımcılarının malzeme bilgileri konusunun yeni izleyicileri olduğunu kabul etmiş, ürün tasarımcılarının malzemenin estetik ve dokunsal özellikleri hakkında bazı hususi ek bilgilere ihtiyaç duyduklarını beyan etmiştir. ASM, zor olanın tasarımcıların aradığı bilgilerin kurumun verdiği geleneksel tarzdaki bilgilerden farklı olması olduğunu anlamış ve bu yönde IDEO gibi önde gelen tasarım firmalarındaki tasarımcılarla işbirliği içine girmiştir. ASM'nin tasarım camiasında bilinmiyor olmasından dolayı, kurum "Mtrl" olarak tasarımcılara yönelik yeni bir oluşumla ismini yeniden duyurma yoluna gitmiş, her iki sektörün birbirini daha iyi anlayabilmesi için atölye çalışmaları yapmıştır [24].

Ürün tasarımcıları malzeme yelpazesinden tasarladıkları ürün için en uygun olan adayı seçebilmek için malzemeleri birbirleriyle kıyaslarlar. Herhangi bir kıyaslama yapabilmek için de malzemelerin kıyaslanmak istenen özellikleri hakkında benzer formatta detaylı bilgilere ihtiyaç duyarlar. Bilgilerin malzeme üreticileri tarafından alındığı durumlarda, farklı üreticilerin aynı malzemeyi farklı test metodlarıyla test etmesi, sonuçların kıyaslanmasını ve dolayısıyla tasarımcıların da işi zorlaştırmaktadır.

Dahası üreticilerin malzemelerin farklı özelliklerini ön plana çıkartması tasarımcılar için durumu daha da içinden çıkılmaz bir hale sokmaktadır.

Ürün tasarımcılarının bir başka bilgi edindiği kaynak malzeme seçimi için yapılmış bilgisayar programlarıdır. Malzeme seçimi konusunda değişik yaklaşımlara sahip MatWeb ve CES⁴ gibi programlara farklı tasarım safhalarında ihtiyaç duyan tasarımcılar, sayısal veriler kullanan bu sistemler yardımıyla malzemelerin teknik özelliklerini rahatlıkla kıyaslayabilmektedir. Ancak programların hiç biri malzemeleri şekilleri, estetik özellikleri, ürün kişiliği veya çağrışım yaptığı anlamlar üzerinden değerlendirmemektedir [1, 19].

Tasarımcılar, ürün tasarımının erken safhalarında malzemeler hakkında daha jenerik bilgilere ihtiyaç duyarlar. Başlangıçta malzemeler hakkında örnek resimler içeren kitaplar yeterli olurken, tasarımın olgunlaştığı ileriki aşamalarda içerdikleri sınırlı bilgiler sebebiyle bu tarz kitapların yetersiz kaldığı görülmektedir.

I.E.H van Kesteren'in 2006 yılındaki makalesinde görülmektedir ki, profesyonel ürün tasarımcıları ve tasarım öğrencilerinden oluşan 20 kişilik bir grupta yapılan çalışmanın bir ayağında, tasarımcılardan malzemelerin mekanik, genel (maliyet, yoğunluk gibi özellikler), duyumsal, optik, termal, elektriksel ve üretimsel özelliklerini kendileri için önem sırasına koymaları istenmiştir. Sırasıyla mekanik, genel ve duyumsal özellikler tüm katılımcılar tarafından en değerli özellikler olarak ilk üç sıraya yerleştirilmiştir. Yine aynı çalışmada katılımcıların malzemelerin kimyasal yapıları ya da formülleri yerine, açıklamalı resimlerle verilen malzeme bilgilerini tercih ettiği görülmüştür. Çalışmanın sonucu anlamlı veriler ortaya koysa da, malzemenin ürüne kattığı kişilik değerinden hiç bahsedilmemiştir [22].

Ürünler üretilir, sevk edilir, depolanır, satılır, kullanılır, geri dönüştürülür ya da bertaraf edilir. Tasarlanacak bir ürünün benzer şartlar altında nasıl davranacağı hakkında kesin bilgilere sahip olmak o ürünün sorunsuz ve başarılı bir yaşam süreci geçirmesi için gereklidir. Ancak malzemeler basınç, sıcaklık ve nem gibi değişkenlerin standart olduğu laboratuvar ortamlarında test edilmektedir. Oysaki bu gibi değişkenler normal kullanım şartlarında sürekli değişmektedir. Bu koşullar altında tasarımcılar, önceki ürünlerde ve projelerde kullanılmış ve kendini ispatlamış malzemelere yönelmektedirler. Bu şekilde hem malzemenin kusursuzlukları, kısıtları

⁴ Bilgisayar tabanlı malzeme seçim programları

ve kullanım süreci boyunca göstereceği tepkiler önceden tahmin edilebilir olmakta hem de uygun olmayan bir malzeme seçiminden ötürü doğacak risklerin önüne geçilmiş olmaktadır. Ayrıca tasarımcılar malzemenin kendi ürünlerinde nasıl durabileceği hakkında da fikir sahibi olabilmektedirler. Ancak bu kolaya kaçan yaklaşımlar yüzünden, tasarımcılar yeni malzemelerin sunmakta olduğu fırsatları kaçırmakta, malzeme seçimi konusunda daha muhafazakâr davranmaktadırlar. Tüm bu sebepler tasarımcıların elle dokunulabilir örneklerle duydukları ihtiyacı daha iyi ortaya koymaktadır. Kullanacakları malzemelerin dokusu, rengi, kokusu ve hatta çıkardıkları sesleri deneyimleyerek öğrenmek, tasarımcıların malzemeleri ürünle ilişkilendirmelerini destekleyecektir. Materia ve MaterialConneXion gibi çok çeşitli malzeme örneklerinden meydana gelen arşivlere sahip firmalar/oluşumlar tasarım sektörüne hizmet vermektedir. Malzeme üreticilerinin de vitrin olarak kullandığı bu gibi oluşumlarda, üreticilerin sağladığı özel numuneler tasarımcılara yalnızca farklı renk, doku, şekil ve efekt gibi özellikleri açısından değil aynı zamanda esneklik, sertlik iletkenlik ve ergime noktası gibi teknik özellikler açısından da fikir vermektedir. Ancak burada yüksek numune maliyetleri sebebiyle doğru orantılı olan üyelik maliyetleri gibi konular, düşük bütçeli kurum veya bireysel tasarımcıların bu imkânlardan yararlanmasına engel teşkil etmektedir [19, 22].

Yukarıda bahsedilen özelliklerin daha iyi anlaşılması, konuya farklı bir boyut getirmesi ve seçilen örneklerin Türkiye’den olması açısından Elvin Karana’nın 2007 yılında yaptığı çalışmaya değinmek anlamlı olacaktır. Çalışma; Karel, Arçelik, Aselsan, Nurus, Man Türkiye ve Vestel Elektronik firmalarında kadrolu olarak çalışan 10 tasarımcı ve Tasarım Üssü, Nesne Design, Unique Project Factory ve Kilittaşı gibi firmalara dışarıdan iş yapan 10 tasarımcının malzeme seçimleri konusunda çarpıcı sonuçlar ortaya koymaktadır. Anketler ve görüşmeler üzerinden yapılan çalışmada, tasarımcıların malzeme seçim sürecine, malzeme seçiminde kullandıkları kaynaklara ve ürün tasarımının malzemeyle ilişkili önemli yönlerine odaklanılmıştır. Tüm katılımcılar, malzeme seçim sürecindeki en etkili kaynakların malzeme üreticileri ve yayınlamış oldukları malzeme katalogları olduğunu belirtmiş, 14 tasarımcı ayrıca fuar ve konferansların da malzeme seçimlerinde etkili olduğunun altını çizmiştir [19]. Ashby, ürün tasarımcılarının malzeme seçimleri konusunda, genellikle aradıkları özelliklere benzer özellikteki malzemelerle yapılmış ürünlerden esinlenebildikleri ya da fuar ve sergileri ziyaret ederek projeleri için uygun

malzemeleri gözlemleyerek seçim yaptıkları iki farklı stratejiden bahsetmektedir [1]. Ayrıca katılımcıların %80'i malzeme araştırmaları için internetten yararlandıklarını, interneti tercih etmelerindeki başlıca sebeplerini de, yeni üretim teknolojileri ve malzeme alanındaki yeniliklerin güncel olarak bulunması ve internetin kaynaklara kolay ve hızlı erişim sağlaması olarak açıklamışlardır.

Katılımcılara malzeme seçiminde yaygın olarak kullanılan CES, MaterialConneXion, Design inSite, MatWeb ve ASM'in malzeme el kitaplarından haberdar olup olmadıkları sorulduğunda, ortalama %75 – 80'inin bu oluşumlardan haberdar olmadığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte katılımcıların çoğu malzeme seçim sürecinde ele alınması gereken çok fazla nokta olduğu için tüm sorumluluğu almak istemediklerini açıklamış, dahası tüm katılımcılar bir danışman, meslektaş, mühendis veya bir malzeme uzmanına danışmadan malzeme seçim sürecini tek başlarına yürütmek istemediklerini belirtmişlerdir.

Tüm katılımcılar kültürel geçmişlerinin ve deneyimlerinin ürün ve malzeme seçiminde etkili olduğunu vurgulamışlardır. Benzer sebeplerle kullanıcılar için de, bir malzemenin kendi kültürel geçmişleri ve deneyimleriyle ilişki kurması açısından diğer malzemelerden daha değerli olabilmesi, malzemelerin elle tutulamaz özellikleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarımcıların malzeme seçiminde ilk baktıkları özelliklerin genellikle duyuşsal özellikler olması yukarıda bahsedilen bu sebeplerle açıklanabilir. Katılımcılar, malzemelerin duyuşsal özelliklerinin ürünün elle tutulamaz özelliklerini oluşturmadaki en önemli etken olduğuna inanmaktadır. Dahası Türkiye'deki tasarımcıların, tasarım kriterlerinin önceden tanımlanmadığı durumlarda malzeme seçimlerini, doku, renk, yüzey özellikleri gibi malzemenin duyulara hitap eden albenisi yüksek görsel özellikler üzerinden gerçekleştirdiği yapılan görüşmeler sonunda ortaya çıkmıştır [19].

Katılımcıların %80'inin kavramsal tasarım aşamasından sonra, çeşitli teknik verilere ve seçilen malzemenin hâlihazırdaki üretim teknikleri ve genel üretim maliyetleri açısından uygun olup olmadığı bilgisine ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır. Çarpıcı olan bir diğer nokta tasarımcıların bir malzemenin ulaşılabilir olup olmadığını tasarım aşamalarının tüm adımlarında gözden geçirmeleridir.

Farklı araştırmalar göstermektedir ki, tasarımcılar ürün tasarımı sürecinin hemen her aşamasında malzeme konusunu farklı boyutlarda da olsa ele almaktadırlar.

Malzemelerin algılanan değeri ve kültürel anlamları, uyandırdıkları his ve çağrışımlar, dönemin toplumsal eğilimleri ve akımlar gibi malzemenin elle tutulamaz özelliklerini göz önünde bulunduran tasarımcılar, seçtikleri malzemelerle, tasarladıkları ürünlerde yaratmayı amaçladıkları anlamları yakalamayı hedeflemektedir. Malzemeleri daha çok soyut özellikleriyle ele aldıkları kavramsal aşamadan sonra tasarımcılar, tasarım fikirlerini nihai ürünlere dönüştürebilmek için daha detaylı ve teknik bilgilerin arayışına girmektedirler. Ürün tasarımcıları bu noktada hali hazırda malzeme veritabanları ya da benzer malzeme seçim yöntemlerinden yararlanabilse de, malzemeleri elle tutulamaz soyut özellikleri açısından değerlendirmeye almayan bu yöntem ve yazılımlar tasarımcılara malzeme seçimi konusunda yeterli desteği verememektedir. Ürün tasarımı alanında malzemenin önemi ve malzemelerin teknik özellikleri dışındaki özelliklerinin de ürün tasarımı alanındaki öneminin yakın geçmişte fark edilmiş olması, bu alandaki gelişmelerin hızlanacağına işaret ettiğinden umut vericidir.

2.5 Malzeme, Üretim ve Ürün İlişkisi

Bir malzemeyi ürün haline getirebilmek için malzemenin bir veya birden çok üretim işleminden geçmesi gerekmektedir. Malzemeler oluşturacağı ürüne göre geçeceği çeşitli üretim işlemleri sırasında ısınacak, soğuyacak, eriyip katılaşacak, şekil ve boyut değiştirecek, farklı malzeme veya parçalarla bir araya gelecek, renklenecek, kaplanacak ya da farklı yüzey işlemleri görecektir. Yukarıda bahsedilen üretim aşamaları kullanılan malzemeye ve ortaya çıkarılmak istenen ürünün tasarımına göre farklılıklar göstermektedir.

Malzemeler farklı karakteristik özelliklere sahip olduklarından üretim yöntemleri de farklılıklar göstermektedir. Üretim yönteminin malzeme ile uyumlu olmasının gerekliliği, ürün tasarımcılarını çoğu kez tasarladıkları ürünler için üretim yönteminden çok malzeme seçimine itmektedir. Ancak kimi durumlarda üretim yönteminde yapılacak bazı değişiklikler veya malzemenin farklı bir üretim yöntemiyle elde edilmesi gibi deneysel yaklaşımlar da ürün tasarımcıları için ilham verici olabilmektedir [1, 7].

Bir ürünü oluşturan üretim işlemlerini kabaca üç ana başlık altında toplamak mümkündür: şekillendirme, birleştirme ve yüzey işlemleri. Endüstri ürünleri tasarımı, plastik basit bir mutfak kabından birçok parça ve sistemin oluşturduğu

karmaşık bir taşıta kadar değişiklik gösterdiğinden, kullanılan üretim yöntemleri de plastik enjeksiyon gibi tek bir yöntemden, değişik parçaların şekillendirilip, çeşitli yüzey işlemlerinden geçirildiği ve birbirine monte edildiği farklı üretim aşamalarını bir arada bulunduran bir üretim yolu izleyebilmektedir. Dolayısıyla bir ürün üretime geçerken ilk olarak şekillendirme ele alınmaktadır. Üretim yönteminin seçiminde bağlayıcı olan şekillendirilecek malzeme, verilmek istenen şekil ve üretim yönteminin ekonomikliğidir. Bazı malzemeler birden fazla üretim yöntemiyle elde edilebildiklerinden, üretilecek olan parçanın tasarımı ve ekonomik kısıtlar ön plana çıkmaktadır.

Birden fazla parçadan meydana gelen bir üründe parçaların nasıl bir araya geleceği önemli bir tasarım kararıdır. Tasarım fikrinin bütününe oluşturan parçaların, özellikle parçalar farklı malzemelerden oluşuyor ise bir araya getirilmesi, teknik gereklilikleri karşılaması ve estetik açıdan yakalanmak isteneni yansıtması, tasarımcıların atlamaması gereken önemli bir noktadır. Parçaların birleştirilme şekli veya bağlantı noktaları elektronik bir cihazda olduğu gibi akıcı yüzeyler elde etmek ve ürünün rafineliğini göstermek adına gizlenebildiği gibi, bir arazi taşıtında olduğu gibi ürünün amacı, fonksiyonu, kişiliği ve ürüne kattığı anlamı desteklemesi için kasıtlı olarak vurgulanarak, bir tasarım aracı olarak kullanılmaktadır [17].

Neredeyse üretilen tüm parçaların bir çeşit yüzey işlemine tabi tutulmasının ardında birçok neden bulunmaktadır. Yüzeylerin çizilmeye karşı direncini arttırmak için yüzeyin sertleştirilmesi, aşınma ve korozyondan korunmak için kaplanması, ürünün görsel ve dokunsal kalitesini arttırmak için farklı boya ve baskı teknikleri kullanılarak işlenmesi gibi türlü yüzey işlemleri malzemelere uygulanmaktadır. Bir ürünün yüzeylerinin kullanıcıların ürünle en çok temas ettikleri noktalar olduğu düşünüldüğünde, birbiriyle eş ürünlerle dolu rekabetçi bir pazarda, değişik yüzey işlemleri kullanmanın fark yaratmak için nasıl etkili bir silaha dönüşebileceği açıktır. Yüzey işlemleri şaşırtıcı, eğlenceli ya da fonksiyonel olabilirken, kötü bitirilmiş bir ürünün kalitesiz hissi uyandırabileceği de unutulmamalıdır.

Üretim yöntemleri, birleştirme metotları ve yüzey işlemleri her geçen gün malzemelerle birlikte gelişim göstermektedir. Tüm bu yöntemlerden bahsetmek ve bunların ürünlerle olan ilişkilerini kurmak bu tezin amacını aşmaktadır. Ancak unutulmaması gereken; fikirlerin ifade edilmesi ve bir ürünün estetik değerinin, ürünü oluşturan malzemelerin şekillendirilmesi, birleştirilmesi ve yüzey işlemlerinin

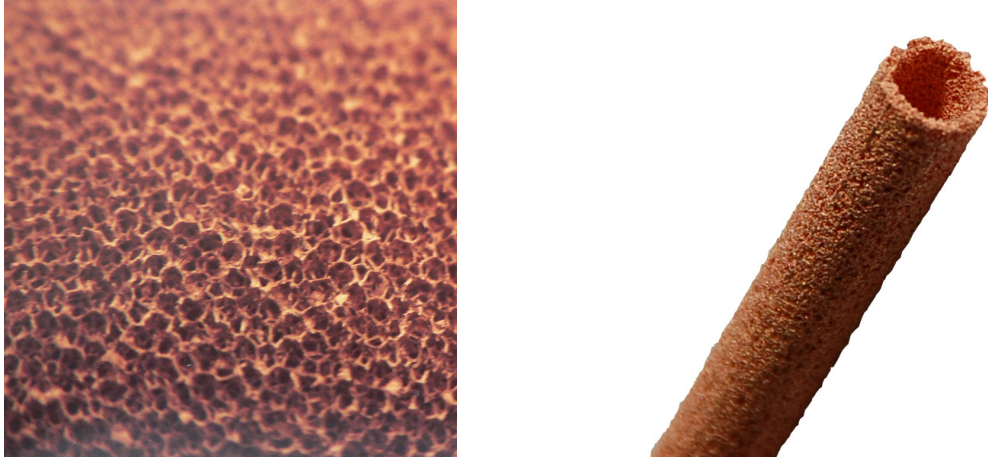
birbirleriyle ilişkisi, algılanış biçimi ve uyandırdığı etkilerle yaratıldığıdır [1]. Bir ürünün teknik gereklilikleri ürünün şekli üzerinde bazı kesin kısıtlar yaratsa da, çeşitli birleştirme yöntemleri ve yüzey işlemlerinin ürüne renk, doku, motif, his ve karakter gibi kişilik kazandıracak kimi imkânlar sunduğu da göz ardı edilmemelidir.

2.6 Yeni ve İleri Malzemeler ve Endüstri Ürünleri Tasarımı

Malzeme bilimindeki gelişmeler tasarımcılara yeni ürünler yaratmaları ya da eski ürünleri farklı malzemelerle yeniden yorumlamaları için fırsatlar yaratmaktadır. Öncelikle mühendislik alanlarında kendilerine kullanım alanı bulan ileri malzemeler kendilerinden önceki malzemelerin sağlayamadıkları bazı yüksek özellikleri sayesinde kimi yenilikçi ve önder ürün tasarımcısı tarafından yeni tasarımlarında kullanılarak, ürünlerin piyasadaki rakipleri karşısında belirgin avantajlar yakalamasına yol açarlar [25].

Ürün tasarımı mevcut bir ürünün farklı yorumlanması ya da yeni bir ürün tasarlanması olarak açıklanabildiğine göre, bir anlamda geleceği şekillendiren tasarımcıların her zaman yeni olanın arayışı içinde olmaları anlaşılabilir olmuştur. Farklı bir dille tasarım olgusu kendi içinde yapılmamış ortaya çıkarmayı barındırır. Aksi halde yapılan tekrardan öteye gidemeyecektir. Özgünlüğün ve farklı olmanın yollarından biri olan yapılmamış olanı denemek, tasarım pratiğinde malzeme konusunda da farklı yaklaşımlarla kendisini göstermektedir [17].

Deri tozlarının polipropilenle karıştırılması gibi hâlihazırdaki malzemelerin farklı kombinasyonlarla kullanılması ve malzemelerin klasik kullanım alanlarından çıkarılarak beklenmeyen yer ve ürünlerde kullanılması tasarımcıların en çok başvurdukları yöntemlerdir (Titanyum gözlük çerçevesi, kâğıt ve camdan yapı malzemeleri). Şekil hafızalı polimerler, amorf ve Şekil 2.6'da örneği görülen köpük metal gibi bazı henüz tam ticarileşmemiş malzemelerle yapılan çalışmalara da gün geçtikçe daha sık rastlanılmaktadır. Nano kompozitler ve ışık yayan polimerler gibi henüz araştırma aşamaları tam anlamıyla sonuçlanmamış malzemelerin ürün tasarımıda kullanılması ise bazı deneysel çalışmalardan öteye gidememektedir.



Şekil 2.6 : Metrekaresi 0,3-1kg arasında değişen köpük bakırdan yapılmış boru [26].

Endüstri, devlet ya da üniversitelerin laboratuvarlarında geliştirilen yeni malzemeler ilk olarak çeşitli denemelerde boy gösterip kendilerini ispatlayıp, seslerini potansiyel büyük pazarlara duyurmaya çalışmaktadır. Büyük pazarın içine bir kez girdiler mi, artan üretimle birlikte başlangıçtaki yüksek fiyatları da düşer. Tasarımcı ve tüketiciler üzerindeki bilinirliklerinin de artmasıyla kullanım alanları da ciddi şekilde genişlemektedir. Özellikle geçtiğimiz yüzyılda malzeme bilimi üzerine yürütülen araştırmalar, bu alanı hızla bir olgunluk / doyum noktasına taşımış gibi gözükse de, özellikle farklı malzemelerin kombinasyonları ile elde edilebilecek kompozit ve melez malzemelerin çokluğu henüz bu alanda her şeyin denenmediğini, sınırlara ulaşılmadığını ortaya koymaktadır [1, 7].

Yeni malzemeler ürün tasarımcısına estetik ve teknik açıdan yeni ve büyük fırsatlar sunarken, birçok bilinmeyen ve taşıdıkları riskleri de beraberinde getirmektedir. Yeni bir malzemenin mevcut üretim ekipmanları ve teknikleriyle üretilip üretilmeyeceği, korozyon, yorulma ve aşınma gibi durumlarda uzun dönemde nasıl sonuçlar doğuracağına tam bilinmiyor olması bu malzemelerle çalışmanın en riskli yanları olarak öne çıkmaktadır [27]. Tasarım alanında emsal teşkil edecek örneklerle de sık rastlanmaması, başarı ihtimalinin genellikle düşük, yatırım riskinin de yüksek olarak algılanmasına yol açmaktadır [1].

Yeni bir malzeme, geliştirme maliyetleri genellikle yüksek olduğu için pahalıdır ve malzemenin bulunabilirliği kısıtlıdır. Ancak unutulmaması gereken nokta, ürün tasarımında yeni malzemelerin kullanımıyla yakalanacak başarının, ilk olmanın vereceği avantajla geri ödemesinin çok yüksek olacağıdır.

Risk derecesi yüksek bu yeni malzemelerin kullanımıyla ilgili ilk örnekler performans beklentisi yüksek ve belirli bir riski kaldırabilecek alanlarda ortaya çıkmaktadır. Herhangi bir başarısızlık durumuyla, yeni malzemenin ürüne getireceği performans katkısı arasında bir denge sağlanabiliyorsa riske girmeye değerlidir. Bu riski kaldırabilecek alanların kısıtlı olması sebebiyle başta, bahsi geçen yeni malzemenin tüketim değerleri düşükken, zaman içerisinde malzemenin geniş pazarlara yayılmasıyla paralel olarak tüketimin artacağı da tahmin edilebilir [1].

Tam bu noktada bir ürünlerdeki malzeme - fiyat ilişkisine değinmek yerinde olacaktır. Katma değeri düşük bir ürünün toplam maliyeti imal edildiği malzeme fiyatından çok fazla değildir. Böyle katma değeri düşük ürünlerde malzeme fiyatlarındaki artışlar, toplam maliyetlere yansımakta ve fiyatı ciddi şekilde yukarı çekmektedir. Tam tersi durumlarda, katma değeri yüksek ürünler, malzeme fiyatlarındaki değişimlerden etkilense bile, genel maliyetlerde büyük bir artış gerçekleşmeyecektir. Bu durum yeni malzemelerin, spor ekipmanları, deniz ve otomotiv endüstrisi, uzay ve biyomedikal alanlar gibi katma değeri yüksek sektörlerde daha fazla uygulama bulmuş olmasını anlamaya yardımcı olmaktadır.

Birçok yeni malzeme, malzeme bilimindeki gelişmelerin tetiklediği araştırmaların ticarileşmesiyle birlikte hayatımıza girmektedir. Geçmişte malzeme alanındaki araştırmalar daha çok uzay ve askeri alanların merkezinde gerçekleşmekteyken, günümüzde hiç olmadığı kadar müşteri odaklı hale gelmiştir. Dolayısıyla konu ürün tasarımcılarını yakından ilgilendirir hale gelmiştir. Ancak konu yeni bir malzeme olduğu zaman, tasarımcıların malzeme seçimi konusunda bilgiye ulaşması ve malzemeye ilgili bilgilerin isteklerine yanıt vermesi gibi sıkıntılar daha da artmaktadır [17].

Bununla birlikte malzeme üreticileri, yeni bir malzemeyi duyurmak ve olası müşterileri kazanabilmek için basın yoluyla, ilanlar, tanıtım formları ve malzeme özelliklerini anlatan verilerin bulunduğu belgeler yayınlamaktadır. Bahsi geçen bilgi kaynaklarında genellikle malzemelerin teknik özelliklerinden ve iyi yönlerinden bahsedilirken, nadiren kötü ve dezavantajlı yanları ortaya konmaktadır. Teknik özellikleri bilinmesine rağmen, çoğu kez tasarımcılar malzemelerde aradıkları özelliklere ulaşamamaktadır. Ürün tasarımında daha etkili olan, ürünün algısını ve kullanıcıyla ilişkisini yaratan görsel ve dokunsal özelliklerin bulunması çok daha zor olmaktadır. Tasarımcılara yönelik malzemenin yukarıda anlatılan özellikleriyle de

ele alındığı kitaplar çıkartılıp, bu amaca yönelik atölye çalışmaları ve fuarlar düzenlenerek tasarım alanına az da olsa destek verilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca özellikle son 15 yılda bu alandaki boşluğu doldurmaya yönelik malzeme kütüphaneleri oluşturan, tasarımcıları ve mühendisleri bir araya getiren toplantılar düzenleyen ve danışmanlık hizmeti sunan bazı kuruluşların ortaya çıkması, gelecek için ümit vericidir. Yeni malzemelere yeni kullanım alanları yaratmak adına akademik alanında desteğiyle açılan yarışmalar⁵, öğrencileri teşvik etmek ve mesleğin profesyonellerinin ilgisini malzeme konusuna biraz daha çekmek için yapılan olumlu girişimlerdir [1, 17].

Tek bir malzemenin öne çıktığı ve bulunduğu zamana damga vuran dönemleri geride bıraktık, bugün malzeme alanı hiç olmadığı kadar fazla malzemeyi bünyesinde bulunduran geniş bir yelpaze oluşturmuştur. Malzemelerin gelişim hızı ve özelliklerinin çeşitliliği bugüne kadar hiç olmadığı kadar fazladır. Mimar ve ürün tasarımcılarının bu potansiyel malzeme ve teknolojilerin çalışma prensiplerine yeteri kadar ilgi göstermemesi, tasarımcıların var olan tasarım alışkanlıklarına bağlı kalmalarına ve tasarıma bakışlarındaki olası bir radikal değişikliğe de engel olmaktadır [28].

Bugün malzeme konusundaki gelişmeler, alanı o kadar hızlı genişletmektedir ki, yirmi yıl önce mezun olmuş bir tasarımcının şuan mevcut birçok malzemeyi bilmemesi şaşırtıcı olmamakla birlikte kabul edilebilir değildir. Zira yenilikçi tasarımların, yeni ve geliştirilmiş malzemelerin sundukları özelliklerin yaratıcı şekilde kullanılmasıyla ortaya çıktıkları düşünüldüğünde, tüm bunlardan haberdar olmamak, içinde bulunduğumuz ileri malzemeler çağındaki büyük gelişimleri ve fırsatları kaçırmak demektir [7].

⁵ International Composites Design Competition - Brussels, 2002
IF Material Award
Interzum Award: Intelligent Material & Design 2009

3. BİR İLERİ MALZEME OLARAK KOMPOZİT MALZEMELER

İkinci bölümde malzemenin tanımları ve nasıl gruplandığı, malzemenin, endüstri ürünleri tasarımı için önemi sırasıyla ele alındıktan sonra, malzeme seçiminin endüstri ürünleri tasarımında giderek nasıl önem kazandığı vurgulanarak yeni ve ileri malzemelerin tasarımcılar için ne gibi yeni fırsatlar doğuracağı incelenmiştir.

Bu çalışmanın odak noktası olan polimer matrisli kompozitler ele alınmadan önce, geleneksel malzemelere kıyasla sundukları avantajlar göz önüne alındığında ileri malzemeler grubunun belki de en önemli üyesi olarak kabul edilen kompozit malzemeleri genel olarak incelemek yerinde olacaktır. Bu doğrultuda üçüncü bölümde öncelikle kompozit malzemenin tanımı ve yapısı ortaya konacak ve kısa tarihi içinde kompozit malzemelerin gelişimi ve kullanım alanlarının dönüşümü irdelenecektir. Polimer matrisli kompozitlerinde içinde yer aldığı kompozit çeşitleri alt başlıklar halinde incelererek kompozit malzemelerin üretim yöntemlerinden ayrı ayrı bahsedilecektir. Farklı kompozit türlerinin hangi alanlarda kullanıldığına örneklerle bakılarak, bölümün sonunda da genel olarak kompozit malzemelerin özellikleri ve belli başlı avantaj ve dezavantajları ele alınacaktır.

3.1 Kompozit Malzemelerin Tanımı ve Yapısı

Kompozit malzemeler; belirli bir amaç doğrultusunda iki ya da daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı tür malzemelerin özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak için, bileşenlerin kendi sınırlarını koruyacak şekilde makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşturulan yeni ve yapay malzemeler olarak tanımlanabilir. Kompozit malzemeler genelde düşük dayanıma sahip matris ana fazı ile bu faz içinde dağılmış takviye fazından meydana gelmektedir. Takviye ve matris fazları atomsal boyutta birleşmez, birbirleri içinde çözünmeyerek inert davranırlar.⁶

⁶ Metalik kompozitlerde bileşenler arasında az da olsa bir miktar ara yüzey reaksiyonu gözlenebilir.

İçyapıları incelendiğinde bileşenleri seçilip, ayırt edilebilir. Kompozit malzemeler makro ölçekte homojen özellikler gösterebilir bile mikro ölçekte heterojen yapıya sahiptirler. Kompozit malzemeler mikroskobik açıdan homojen olan alaşımlardan bu bakımdan farklılık göstermektedir.

Kompozitlerde takviye malzemesi olarak farklı morfolojilere sahip malzemeler kullanılmaktadır. Takviye malzemesinin kullanımındaki temel amaç; malzeme üzerine gelen yükün taşınması, matrisin rijitliğinin ve dayanımının artırılmasının sağlanmasıdır. Kompozit malzeme içinde matrisin fonksiyonu ise, çoğu gevrek ve kırılgan olan takviye elemanlarını dış ve çevresel etkilere karşı korumak, kompozit malzeme üzerine gelen yükü takviye elemanlarına iletme ve tüm kompozit yapıyı bir arada tutmak olarak sıralanabilir [12, 29, 30].

Kompozit malzemelere üretimi esnasında performansın artırılması, yüzey kalitesinin iyileştirilmesi, üretimin hızlandırılması ve kolaylaştırılabilmesi gibi çeşitli sebeplerden ötürü bazı ilaveler yapılabilmektedir. En sık kullanılan ilave malzemeler jelkotlar⁷, kalıp ayırıcılar, dolgular ve polimerizasyon (kürleşme) sürecini hızlandıran katalizörler olarak sıralanabilir.

Özetle bir malzemenin kompozit olarak nitelenebilmesi için; doğal olarak bulunmayan, belirli bir amaç doğrultusunda bir araya getirilen, bileşenlerinin birbirleri içinde çözünmediği ve bileşenlerinin hiç birinin tek başına sahip olmadığı özelliklere sahip olan bir malzeme olması gerekmektedir.

3.2 Kompozit Malzemelerin Tarihi ve Kullanım Alanlarının Dönüşümü

Günümüzde savunma sanayi, havacılık ve uzay, otomotiv, ev aletleri ve denizcilik gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan kompozit malzemelerin geçmişi sanılanın aksine 2. Dünya Savaşına veya birkaç yüzyıl gerisine dayanmamaktadır. Kompozit malzemeler binyıllardan beri kullanılmakta ve ilk örnekleri antik çağlara kadar uzanmaktadır. Antik çağlardan beri insanlar kırılgan malzemelerin içersine hayvansal veya bitkisel kaynaklı lifler ekleyerek bu kırılgan malzemeleri güçlendirmeye çalışmışlardır. Bunun bilinen en yaygın ve eski örneği kerpiçtir. Çamurun içine

⁷ Jelkot: Kompozit malzemelerin en üst katmanında yer alan, yüzey kalitesini ve ürünün dış ortamlardaki performansını arttıran epoksi veya doymamış polyeester bazlı bir reçinedir.

kariştırılan saman ve saplar bu malzemeye dayanım vermiş ve insanoğluna sağlam barınak yapma imkânı tanımıştır.

İnsanoğlu zaman içinde kompozit malzemelerin getirdiği avantajların farkına varmış ve kullanım alanlarını yaygınlaştırmıştır. Savaş teknolojileri her zaman yeni malzemelerin sık kullanıldığı yerler olmuşlardır. Normal batılı yaylarda sıkça rastlanan, yayın belirli bir kuvvetten sonra kırılması problemini aşmak isteyen Moğollar, yayın esneyen kısımlarında farklı lif yönlerine sahip hayvansal tendonlar kullanarak bu sorunu ortadan kaldırılmıştır [12]. Kompozitlerin kullanımıyla ilgili eski bir örnekte Mısır'dan verilebilir. XVIII. Hanedan devrinden kalan farklı renk ve kalınlıktaki amforalar, daha M.Ö. 1600'lü yıllarda Mısır'da ince cam liflerinin yapıldığını ortaya koymaktadır [5].

Her ne kadar kompozit malzemeler antik çağlardan beri farklı amaçlara yönelik kullanılageliyor olsa da, bugün modern kompozitler olarak adlandırılan kompozitlerin yaygın kullanımının başlangıcı olarak Owens Corning firmasında çalışan bir mühendisin 1930 yılında tesadüf eseri keşfettiği fiberglasın, 1937'de Amerika Birleşik Devletleri'nde satışına başlanması gösterilebilir. Başlangıçta eriyik camın çekilmesiyle üretilen bu cam yünleri yalıtım malzemesi olarak kullanılsa da fiberglasın yapısal ürünlerde kullanımı çok gecikmeyecektir.

1900'lerin başında ilk modern sentetik plastikler geliştirilmiş ve 1930'lara gelindiğinde plastik malzemeler diğer malzemeler ile boy ölçüşebilir düzeye erişmişlerdir. Plastikler, kolay şekillendirilebilmelerinin, yüksek yüzey kalitelerinin, korozyon dayanımlarının ve metallere oranla düşük yoğunluklarının getirdiği avantajlarla yükselişe geçmiştir. Ancak dayanıklılık ve sertliklerinin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Plastiklerin yapısal uygulamalarda zayıf kalmalarından ötürü güçlendirilmelerinin gerekliliği, keşfi aynı döneme rastlayan fiberglasın plastiklerle denenmesi için uygun ortamı yaratmıştır. Ortaya çıkan bu yeni malzeme özellikle havacılık endüstrisinin dikkatini çekmiştir çünkü birçok küçük ve girişimci uçak firması, birçoğu konvansiyonel malzemelerin sağlayamadığı özellikler sunacak yeni malzemelere ihtiyaç duyan farklı tasarımlar ve yenilikçi konseptler yaratmaktadır [31].

Douglas firması fiberglasın üretim sorunlarına çözüm getireceğine inanan ilk uçak firması olmuştur. Firma levha metalleri formlamada kullanacağı metal kalıpların

yapımında bir darboğazdan geçmektedir. Her yeni uçak tasarımı için yeni kalıplara ihtiyaç duyulmaktadır ve metal kalıplar maliyetli ve üretimi zaman alan kalıplardır. Douglas firması mühendisleri dökme plastikten kalıplar kullanmayı denedilerse de, bu kalıpların dövme sürecindeki kuvvetlere dayanması mümkün olmamıştır. Mühendisler, plastik kalıpların fiberglasla takviye edildiğinde, yeni tasarımlar doğrulanana kadar en azından birkaç adet de olsa parça üretimine dayanacak kadar güçleneceğine inanmaktadır. Bu şekilde yeni bir tasarım onaylanırsa, metal kalıplar seri üretim için kullanılabilir. Bu doğrultuda Owens Corning Fiberglas firması ile ortaklaşa yürütülen çalışmalarda fenolik matrisli ve fiberglas takviyeli kalıplar yapılmış ve başarıya ulaşılmıştır.

Bu gelişmeyi fiberglas takviyeli kompozitlerin havacılık sektöründe farklı uygulamalar bulması takip etmiştir. 1936 yılına gelindiğinde, patenti alınan doymamış polyester matrisler kullanılabilir hale gelmiş ve hemen olmasa da nihayetinde fenolik matrislere kıyasla daha kolay küreşebildikleri için tercih edilmeye başlanmıştır. 1938 yılında epoksinin keşfedilmesiyle birlikte daha yüksek performans gösteren matrisler kullanılabilir hale gelmiştir. Tüm bu süre içerisinde malzemelerdeki ilerlemelere paralel olarak uygulama alanları da genişlemiştir.

Gelişmekte olan kompozit malzemeler II. Dünya Savaşı'yla birlikte daha fazla uçak imal edilmesi ve kompozitlerin yapısal parçalarda kullanımının artmasıyla birlikte daha da hız kazanmıştır. Savaşta olan ülkeler, metal malzemelerin temin edilmesinin giderek güçleşmesi sebebiyle birçok mühendisi kompozit malzemeler üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak dönemin uçaklarında motorlarda, kanatların içinde, koltuklarda, fren mekanizmalarında, radar anteni korumalarında ve daha birçok yerde kompozit malzeme kullanılmaya başlanmıştır. Yine aynı dönemde fiberglas takviyeli teknelerin ilk örneklerine rastlanmaktadır. 1940'ların sonları ve 1950'lerin başları filament sarma, pultrüzyon, vakumla kalıplama ve el-yatırma metodunu hızlandıran püskürtme tekniklerinin ilk kez denendiği, yenilikçi üretim yöntemlerinin de tohumlarının atıldığı bir dönemdir. Hücre yapılı çekirdekleri olan sandviç yapılar, ateşe dayanıklı kompozitler ve prepreg malzemeler yine II. Dünya Savaşı sırasında geliştirilmiştir [12].

Savaş sırasında malzeme üretimi yapan firmalar savaşın bitmesiyle ani ve büyük bir sorunla karşı karşıya kalmıştır. Bu firmalar savaş sırasında geliştirdikleri ekspertizden yararlanabilecekleri yeni pazarlar ve ürünler tanımlamak zorunda

kalmıştır. Bazı firmalar akla gelen birçok ürünü ya da parçayı kompozit malzemeden üretmeyi denemiş, kimi fiberglas üreticileri de bu tarz firmaların geliştirdiği yeni projelerinin ekipman masraflarını karşılayarak, geliştirme maliyetlerinin düşmesi için destek olmuştur. Fiberglas destekli tekneler gibi bazı savaş odaklı uygulamalar, doğrudan ticari uygulamalara dönüştürülmüş, 1948 yılı itibariyle binlerce ticari tekne üretilmiştir [31].

II. Dünya Savaşı sırasında arka planda kalan otomobil endüstrisinin kompozit uygulamalar için uygun olduğu kısa sürede keşfedilmiş, 1947 yılında gövdesi tamamen kompozitten yapılmış bir otomobil üretilmiş ve test edilmiştir. Makul ölçüde başarılı sayılan bu deneme, 1953 yılında çıkacak, matris malzemesinin önceden şekillendirilmiş fiberglaslara emdirilerek metal kalıplarda kalıplanması ile üretilcek olan Chevrolet Corvette'in geliştirilmesine değin en başarılı örnek olarak kabul edilmiştir.

Savaş sonrası dönemde üretilen bazı ürünler artık kompozitlerin ana pazarları haline gelmiştir. Korozyona uğramayan borular, depolama kapları, depolar ve mobilyalar gibi bilinen örneklerin yanında eğlence ve sinema sektöründe de farklı amaçlarla kompozit malzemeler kullanılmıştır (1947 yapımı "Captain from Castile" filminde İspanyol askerlerin kask ve zırhları kompozit malzemeden yapılmış ve metal renge boyanmıştır) [31].

1950'lerde başlayan uzaya çıkma yarışı, 1960'larda kompozitlerin gelişiminin artmasıyla iyice hız kazanmaya başlamıştır. Filament sarma yöntemi ile küçük roket motorlarının yapılması, uzay yarışının kalbini oluşturan büyük roket motorlarının yapılmasına temel oluştursa da, yüksek hassasiyette filament sarabilen makinelerin geliştirilmesine kadar önemli ölçüde gelişme kaydedilememiştir.

Kompozitlerin popülerliğini daha da arttıracak olan karbon lifi patenti (deneysel de olsa) 1961 yılında A.Shindo tarafından alınmış olsa da, ticari olarak ilk karbon fiberi üreten, yıllar sonra İngilizler olmuştur. Bu fiberler sayesinde çok hafif parçalar yüksek mukavemette üretilbilir ve uzay sektörünün beklediği özellikleri karşılayabiliri hale gelmiştir.

1965 yılında bor fiberler ve 1971 yılında DuPont firmasının kullanıma sunduğu, ticari ismi Kevlar olarak bilinen aramid fiberler kompozit sektöründeki diğer önemli gelişmelerdir. Yüksek molekül ağırlıklı polietilen fiberler 1970'lerin başlarında

Üretilmiş, bu yüksek performanslı fiberler, fiberglas ve karbon fiberle birlikte spor ekipmanları, tıbbi gereçler, zırh uygulamaları, uzay endüstrisi ve daha birçok alanda hayret verici bir gelişime ön ayak olmuştur. Matris malzemelerindeki gelişmeler de, kompozit pazarında, özellikle de yüksek sıcaklık ve korozyon dayanımı gerektiren uygulamaların artmasına önemli katkıda bulunmuştur [31].

Askeri amaçlar için geliştirilen kompozit malzemelerin getirdiği avantajlar ortada olmakla birlikte, bu malzemelerin üretimindeki güçlük ve yüksek maliyetler, kompozit malzemelerin gelişiminin 1960'lı yıllara kadar sadece özel amaçlara yönelik uygulamalarla sınırlı kalmasına sebep olmuştur. 60'lardan sonra kompozit malzemeler üzerine yapılan düzenli araştırmalar ve alanı geliştirme çabaları, daha dayanıklı ve sağlam ama aynı zamanda daha hafif malzemelere ihtiyaç duyan başta havacılık, otomotiv, denizcilik, enerji ve inşaat sektörleri olmak üzere spor malzemeleri ve ev eşyaları gibi alanları kompozit malzemelerle tanıştırmıştır. Zaman içinde üretim teknolojilerindeki gelişmeler, ucuzlayan hammadde maliyetleri ve kompozit malzemeler hakkında artan teknik bilgiler, kompozit malzemelerin kullanımını daha da yaygınlaştırmıştır [12].

Bugün kompozit sektörü alabildiğine genişlemiştir. Elektrik ve elektronik sektöründe, elektriksel yalıtım özellikleri açısından tercih edilen kompozit malzemeler, televizyon parçaları, dikiş makineleri, sa kurutma makineleri hatta masa ve sandalye gibi gündelik hayatta sıklıkla kullanılan ürünlerde de kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde de kaporta, motor elemanları, kabin içi parçalar, fren diskleri, tampon ve lastikler gibi birçok yerde kullanılan kompozitler, inşaat sektöründe esnek ve kolay tasarım özelliği, yüksek yalıtım kapasitesi, nakliye ve montajda getirdiği avantajlar sayesinde soğuk hava depoları, paneller, inşaat kalıpları, cephe korumaları gibi çok çeşitli alanlarda tercih edilmektedir. şehircilikte özellikle çevresel etkenlere dayanımı açısından elektrik direkleri, heykel, banklar, gişeler, kabinler, büfeler ve otobüs durakları gibi birçok kompozit malzemeler konvansiyonel malzemelere ciddi rakip olmaktadır. Kompozit sektöründe halen inşaat ve taşımacılık (hava ve kara) ilk sıralarda yer alırken uzay sektörünün geride kalmasının sebebi, değer olarak büyük de olsa adet bazında üretimin diğer sektörlere göre oldukça düşük olmasıdır. Kompozit malzemeler, performans ölçütünün önemli olduğu birçok ürün ve alanda pazar paylarını arttırmayı sürdürmektedir [31].

3.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

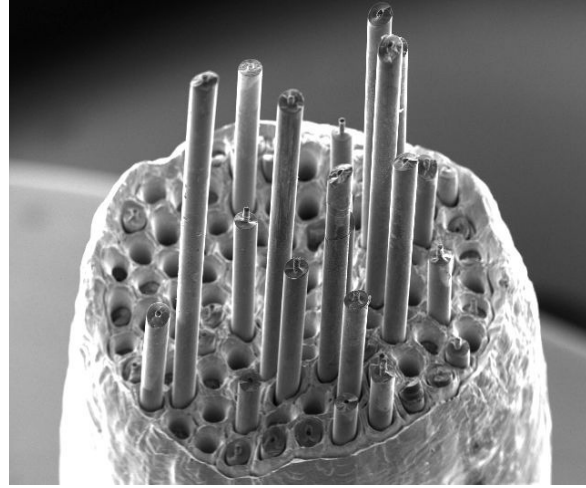
Özelliklerinin, avantaj ve dezavantajlarının, üretim yöntemleri ve kullanım alanlarının daha iyi anlaşılabilmesi için kompozitleri belli başlıklar altında gruplayarak incelemek doğru olacaktır. Kompozitler ile ilgili iki yaygın sınıflandırma çeşidi vardır: kompozit yapısını oluşturan malzemelere göre ve yapım metotlarına göre. Yapım metotlarına göre sınıflandırma, farklı özellikler sergileyen kompozitlerin aynı alt başlıkta yer almasına sebep olduğundan, konunun daha rahat anlaşılabilmesi için kompozit malzemeleri, matris malzemelerine göre sınıflandırılarak incelemek daha doğru olacaktır.

3.3.1 Metal matrisli kompozitler

Matris malzemesi olarak metallerin seçilmesinin başlıca sebepleri olarak; yüksek sıcaklıklarda çalışabilmeleri, yüksek basma/eğme/çekme dayanımına sahip olmaları, genel olarak tokluklarının iyi oluşu ve yüksek dayanım/yoğunluk, yorulma dayanımı ve termal genleşme özellikleri göstermeleri sonucu ortaya çıkan metal matrisli kompozitlerin konvansiyonel metal malzemelerden daha iyi oluşu sıralanabilir. Bu özelliklerin yanında elektriksel ve ısı iletimlerinin yüksek oluşu, konvansiyonel metal üretim yöntemleri ile üretilmemeleri, nemden etkilenmemeleri ve yanmazlık özelliği göstermeleri de matris malzemesi olarak metallerin seçilmesinde etkilidir.

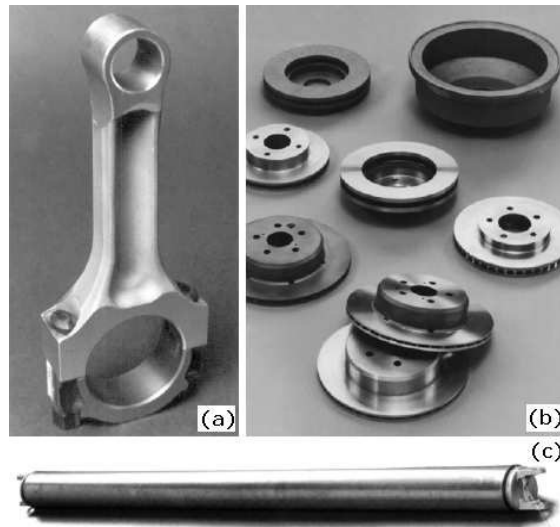
Metal matrisli kompozitler getirdikleri bu avantajların yanında bazı ciddi engellere de sahiptirler. Metal malzemelerin çoğu oldukça yüksek özgül ağırlıklara sahiptir ve korozyon dayanımı düşüktür. Metaller, takviye ve matris malzemelerinin ara yüzey birleşimleri açısından oldukça hassas malzemeler olduklarından, uygulamada çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Metal matrisli kompozitlerin malzeme ve üretim maliyetleri daha yüksek olup, bu alandaki teknoloji henüz tam olgunlaşmamıştır.

En çok kullanılan matris malzemeleri alüminyum, titanyum, bakır ve magnezyumdur. Şekil 3.1’de görüleceği gibi alüminyum, bakır ve titanyum genelde bor ve silikon karbürler ile takviye edilmekte ve sırasıyla 300°C ve 800°C sıcaklıklara kadar sorunsuzca çalışabilmektedirler. Magnezyum ve bilhassa termal iletim özellikleri açısından tercih edilen bakır için ise en sık kullanılan takviye malzemesi grafitir. Takviye malzemeleriyle güçlendirilseler de sonuçta tüm metaller çok yüksek sıcaklıklarda özelliklerini kaybetmeye başladıklarından, metal matrisli kompozitlerde de çalışma sıcaklıkları göz önünde bulundurulmalıdır [5, 12].



Şekil 3.1 : SiC takviyeli bakır matrisli kompozitin kırılma yüzeyinin mikroskop görüntüsü [32].

Metal matrisli kompozitler uzay ve havacılık alanlarında platform taşıyıcı parçaları, haberleşme cihazı reflektör ve destek parçaları ve uçak iniş takımlarının yapısal parçaları gibi birçok alanda kullanılmaktayken; otomotiv sektöründe ise Şekil 3.2’de örnekleri görülen fren diskleri, motor parçaları, mil ve şaft gibi parçalarda tercih edilmektedir. Metal matrisli kompozitler konvansiyonel metal malzemeler oranla daha pahalı malzemelerdir ve özel yapım bisikletlerden delici takımlara, spor gereçlerinden savunma sanayisi gibi daha yüksek performans beklentisinin olduğu alanlarda da kullanılmaktadır. Üretim maliyetlerinin düşürülmesiyle metal matrisli kompozitlerin gün geçtikçe daha birçok alanda konvansiyonel metal malzemelerin yerini alacağı aşikârdır.



Şekil 3.2 : Alüminyum matrisli (a) piston kolu, (b) fren parçaları, (c) kardan mili [33].

3.3.2 Seramik matrisli kompozitler

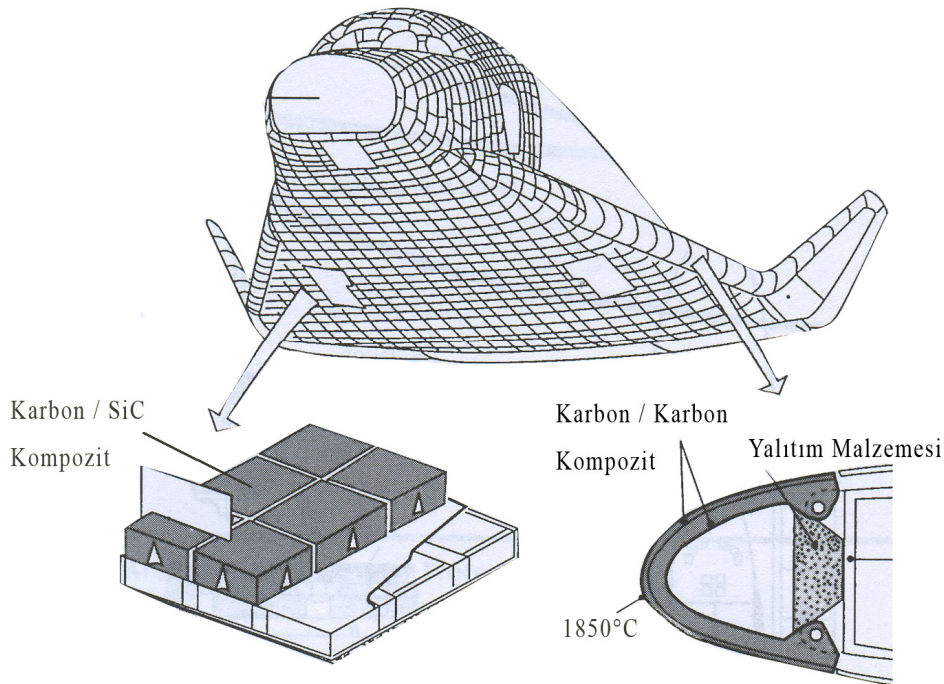
Seramikler metal ve metal olmayan elementlerin birleşiminden meydana gelen inorganik malzemelerdir. Düşük yoğunluğa sahip olmaları, çok yüksek sıcaklıklarda çalışabilmeleri (2000°C üzeri) ve elastiklik modüllerinin yüksek olması, matris malzemesi olarak seçilmelerinin ardındaki en büyük etkenlerdir. Ancak gevrek yapıları bu malzemeleri darbeler karşısında oldukça dayanıksız kılmaktadır. Seramiklerin gevrek olmalarının dışında, özelliklerinin değişkenlik göstermesi, mekanik ve termal şoklar ve gerilme dayanımlarının düşük oluşu bu malzemelerin öne çıkan dezavantajlarıdır. Seramik yapıda oluşabilecek çatlaklar, çizikler, içeride kalmış olabilecek mikro çatlak ve hava kabarcıkları bile ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu yüzden son yirmi yılda seramik matrisli kompozitler alanındaki en büyük çalışma, dayanıklı seramik kompozitlerin üretimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Seramiklerin takviye malzemeleriyle güçlendirilmeleri kullanım alanlarını yaygınlaştırmaktadır. Seramik matrisli kompozitlerde de takviye malzemeleri sürekli ve süreksiz olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sürekli fiberlerle takviye edilen seramikler tokluk değerlerinin daha yüksek olmasından ötürü daha fazla tercih edilmektedirler [34]. Sık kullanılan seramik matrisli kompozitler şu şekilde gruplanabilir:

- Karbürler (örneğin, Silisyum karbür, SiC)
- Nitrürler (örneğin, Silisyum nitrür, Si₃N₄)
- Oksitler (örneğin, Alümina mullit, Al₆Si₂O₁₃)
- Cam seramikler (örneğin, lityum alüminasilikat)



Şekil 3.3 : Seramik matrisli kompozitten fren diski.

Seramik matrisli kompozitler içinde karbon matrisli olanları ayrıca incelemekte fayda vardır. Karbon, kompozit malzemelerde genelde yine karbon ile takviye edilerek karbon/karbon kompozit yapılar oluşturur. Karbon/karbon kompozit yapıların 2200°C üzeri sıcaklıklara dayanımı ve bu sıcaklıklarda kazandığı ekstra dayanım özelliğiyle diğer seramik matrisli kompozitler arasından ön plana çıkarmaktadır. Karbon/karbon kompozitler ayrıca yüksek yorulma dayanımı ve boyutsal kararlılığa sahiptirler. Yüksek sıcaklıklara dayanmaları ve düşük özgül ağırlıkları sebebiyle özellikle roket motorlarında ve Şekil 3.4’de görüldüğü gibi uzay mekiklerinde tercih edilen malzeme durumuna gelmişlerdir. Bu yüksek sıcaklık uygulamalarının dışında, karbon elementinin kimyasal ve biyolojik açıdan inert olması ve insan bedeni içinde steril kalabilmesi sebebiyle birçok tıbbi alanda da kullanılmaktadır. Bugün birçok tıbbi implant cihazda korozyona ve kimyasallara karşı dayanımları paslanmaz çelik ve benzeri alaşımlardan çok daha iyi olduğu için tercih edilmektedir. Ancak karbon/karbon kompozitlerin malzeme ve üretim maliyetleri ne yazık ki çok yüksektir [5, 29].



Şekil 3.4 : Uzay mekiklerinde kullanılan seramik matrisli kompozit örnekleri [11].

Seramik matrisli kompozitlerin bir başka alt başlığı olan beton kompozitler yapı malzemesi olarak çok uzun yıllardır kullanılmaktadır. Sanayi atığı olarak elde edilen malzemelerin betona ilave edilmesinin yanında ahşap, cam, polimer gibi malzemelerin de takviye edilmesiyle elde edilen ileri beton kompozitler inşaat sektörüne son yıllarda damgasını vurmaktadır. Özellikle cam malzemenin ilavesiyle beton istenen renklerde, farklı doku ve şekillerde elde edilebilmektedir. Düşük ağırlığı, ekonomik oluşları, olumlu yanmazlık ve akustik özellikleriyle de demirle takviye edilen betona bariz üstünlük sağlamaktadır.

Seramik matrisli kompozit malzemelerin diğer kullanım alanları arasında yüksek sıcaklıklara maruz kalan türbin motorları, ısı değiştiriciler, Şekil 3.3’de örneği görülebilen otomotiv fren diskleri, motor yalıtım parçaları ve egzoz valfları, yüksek korozyon dayanımı gerektiren endüstriyel uygulamalar ve askeri uygulamalarda zırh parçaları sıralanabilir [34].

3.3.3 Polimer matrisli kompozitler

Organik olan polimer malzemeler ekseriyetle hidrojen, karbon ve diğer metalik olmayan elementlerin birleşmesinden meydana gelmektedir. Polimerler, kompozitler arasında en yaygın ve çeşitli uygulamaya sahip olan çeşittir. Hammaddelerin görece ucuz oluşu ve ayrıca çok karmaşık ve büyük parçaların bile kolayca üretilebilir olması bu durum ardındaki temel sebep olarak gösterilebilir.

Polimerler termoset ve termoplastik olarak 2 farklı gruba ayrılmaktadır.⁸ Polimerik kompozitlerde de, takviye malzemeleri kompozite mukavemet ve rijitlik sağlarken, matris malzemesi korozyon dayanımını arttırmak, gelen yükün dağıtılması ve yapının bütünlüğü gibi roller üstlenmektedir. Özellikle polimer matrisli kompozitlerde mukavemet takviye malzemesi ile doğrudan alakalıdır. Halen polimer matrisli kompozitlerle ilgili rijitliğin optimize edilmesi ve fiberlerin dayanımının artırılması konularında çalışmalar yapılmaktadır.

Termoplastik matrisli kompozitler, belli sıcaklıklara ısıtıldıklarında polimerlerdeki karakteristik camsı geçiş sıcaklığına (T_g) bağlı olarak yumuşamaktadır. Bu yüzden ısı ve basınç altında tekrar şekillendirilebilirler ancak yüksek sıcaklıklara çıkamadıkları için kullanım alanları kısıtlı kalmaktadır. Yüksek tokluk özelliğine sahip

⁸ Termoset ve Termoplastik malzemelerin detaylı anlatımı 4. bölümde ele alınacaktır.

termoplastik polimer yapısına sahip kompozitler, enjeksiyon, ekstrüzyon gibi konvansiyonel plastik üretim teknikleriyle diğer kompozitlere nazaran düşük maliyet ve yüksek üretim adetleriyle kolayca üretilmektedir. Termoplastik polimerin matris malzemesi olarak kullanımının getireceği en temel sıkıntı, görece yüksek ısı genleşme değerleridir. Bu yüksek genleşme değerleri fiber ve matris malzemeleri arasında bir uyumsuzluk yaratabileceği gibi çevresel etmenlerden de fazlaca etkilenmesine sebep olabilir [10].

Diğer taraftan termoset matrisli kompozit üretimleri esnasında çapraz bağlar oluşturdıkları için ısı ile yumuşama belirtisi göstermezler. Kovalent bağlı, çözünmez ve ergimez 3 boyutlu bir ağ yapısına sahiptirler. Termoset kompozitlerde üretimi kolaylaştırma adına prepreg⁹ kullanılır. Termoset matris malzemesi, kısmi kürleşmenin gerçekleştiği, camsı özellikler gösteren bir jel kıvamına getirilir. Sonrasında takviye malzemeleri ilave edilerek, genellikle levha formunda hazırlanan ve kalınlığı ortalama 1mm civarında olan prepreg elde edilir.

En çok kullanılan termosetler doymamış polyester ve epoksilerdir. Polyesterler genellikle cam lifleri ile takviye edilen ve 100°C sıcaklıklara kadar kullanılabilen düşük yoğunluk ve maliyete sahip polimerlerdir. Otomotiv, havacılık ve yapısal parçalarda en çok kullanılan termoset matrisli kompozitlerdir. Nem ve sıcaklıkla düşen mekanik özellikleri, sınırlı raf ömrü ve polimerizasyon sırasındaki büzülmenin fazla olması sebebiyle yüksek performans beklenen yerlerde tercih edilmemektedirler. Epoksiler polyesterlerden daha pahalıdır ancak polimerizasyon sırasında daha az büzülme avantajına sahiptirler. Boyutsal kararlılıkları, ısı ve nem altındaki sergilediği mekanik özellikler ve birçok takviye malzemesine iyi bağlanma göstermelerinin yanında aynı zamanda daha yüksek çalışma sıcaklıklarına (175°C) sahiptir. Bu yüzden yüksek performanslı polimerik kompozitlerin birçoğu epoksi matrise sahiptir [10, 12].

3.3.4 Melez (hybrid) kompozitler

Melez kompozitler halen geliştirme çalışmalarının devam ettiği, en son ve en yeni kompozit türüdür. Melez kompozit türü, kompozit malzemeyle bir başka malzemenin karışımından oluşabileceği gibi birden fazla takviye malzemesinin kompozit

⁹ İngilizcede ön emdirme kelimelerinin kısaltması olarak (pre-impregnation) kullanılmaktadır.

malzemede kullanılmasından da meydana gelebilmektedir. Melez kompozitler birden fazla malzeme grubunun istenen özelliklerini tek bir malzemede toplama özellikleri sayesinde kompozitlere benzemekte, ancak melez yapıyı oluşturan bileşenlerden birinin kompozit olabilmesinden ötürü de kompozit malzemelerin bir sonraki adımı olarak yorumlanabilmektedir. Bu türün en bilinen örnekleri polimer matrisli kompozitlerin metal malzeme ile birlikte oluşturdukları melez (sandviç) kompozitlerdir [8].

Sandviç kompozit yapılar iki sert dış katman arasında yoğunluğu daha az olan bir çekirdek malzemenin birleşimiyle oluşmaktadır. Dış kısımda genellikle polimer kompozitler, alüminyum, çelik ya da kontrplak kullanılmaktadır. Alüminyum, köpük polimer veya sentetik kauçuk malzemeden üretilen orta kısımdaki yer alan çekirdek bölüm genelde petek yapıdadır. Çekirdek malzeme rijitlik ve sertlik açısından çok yüksek özellikler göstermese de, dış katman boyunca yüzeye dik oluşabilecek deformasyonlara karşı mukavemet ve kesme dayanımı gösterirler. Çekirdek kısımda bir miktar hava hapsoldüğünden iyi ısı yalıtımı özellikleri vardır ve özellikle bu yüzden inşaat sektöründe çatı, duvar, panel ve zeminlerde, havacılık endüstrisinde de uçak gövdelerinde tercih edilmektedir [29].

Melez kompozitler diğer kompozit türlerine göre oldukça kısıtlı kullanım alanlarına sahipse de, özellikle yapısal uygulamalarda sağladığı avantajlar göz önüne alınarak, gelecekte kullanımlarının hızla artacağı görülmektedir [8].

3.4 Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri

Her malzeme kimyasal, fiziksel, mekanik özellikleri ve üretilebilirliği açısından birbirinden farklıdır ve bu yüzden herhangi bir malzemeyi bir ürüne dönüştürürken, o malzemeye uygun üretim yöntemleri kullanmak gerekmektedir. Bir malzeme için uygun olan yöntem bir başka malzeme için uygun olmayabilir. Kompozit malzemeler iki ya da daha fazla malzemenin bir araya gelmesiyle oluştukları için, kompozit malzemelerin üretim teknikleri diğer malzemelerin üretim tekniklerinden farklılıklar göstermektedir. Örneğin; metaller talaşlı işlemeye elverişliyken, kompozit malzemeler genellikle içinde bulundurdukları takviye malzemelerinin talaşlı işlemede zarar görmesi sonucu bu tarz bir üretim yöntemine uygun malzemeler değildir [30]. Kompozit malzemeler kendi içlerinde metal, polimer ve seramik

matrisli olarak alt gruplara ayrıldıklarından, her bir alt grubun üretim yöntemleri de farklılıklar gösterebilmektedir.

3.4.1 Metal matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Metal matrisli kompozitlerin üretimi sıvı hal üretim ve katı hal üretim teknikleri olarak kabaca gruplanabilir. Metal matrisli kompozitlerin sıvı hal üretimlerinde genellikle seramik parçacıklar farklı teknikler kullanılarak matris malzemesine ilave edilirler. Metal matriksli kompozitlerin üretiminde takviye malzemesi olarak seçilecek seramik malzemesinin özellikleri ve ısılatılabilirliği önemli bir konudur. Birçok seramik takviye malzemesi metal eriyik tarafından yeteri derecede ısıtılmadığı için üretim esnasında bir ön işleme tabi tutulmaktadır. Metal matriksli kompozitlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır: Sıvı metal emdirmesi, Sıkıştırılmalı döküm veya dövme döküm tekniği, basınçlı infiltrasyon, sıvı metal karışım yöntemi, yarı katı karıştırma yöntemi, plazma püskürtme yöntemi, toz metalürjisi yöntemi ve sıcak presleme yöntemidir [5, 29].

3.4.2 Seramik matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Takviye malzemeleriyle güçlendirilen polimerler kompozit malzeme olarak yaygın biçimde kullanılsa da, hidrokarbon yapılarının doğası gereği bu malzemeler yüksek sıcaklıklar altında çalışmamaktadır. Yüksek sıcaklık gerektiren yerlerde polimer matrisli kompozitler yerine metal matrisli kompozitler tercih edilirken, seramik matrisli kompozitler de hafiflikleri ve yüksek oksidasyon dirençleri sebebiyle metal matrisli kompozitlere iyi bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Seramik malzemeler sert ve kırılgandır, düşük tokluğa sahiptirler ve çok düşük kopma uzaması gösterirler. Buna karşın çok yüksek elastiklik modülüne sahiptirler ve yüksek sıcaklıklarda çalışabilirler aynı zamanda termal şoklardan kolayca etkilenebilen malzemelerdir.

Sürekli ya da süreksiz takviye malzemeleriyle güçlendirilebilen seramiklerde takviye malzemelerinin çeşitleri, malzemenin özelliklerinde olduğu gibi üretim yöntemlerinde de belirleyici rol oynar. Seramik matrislerin üretim yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılanlar şerit (bant) döküm yöntemi, eriyik matris sıcak presleme yöntemi, enjeksiyon yöntemi, kimyasal buhar kaplama ve sızdırma yöntemi, toz metalürjisi yöntemi, kimyasal reaksiyonla bağlama yöntemleridir.

Seramik matrisli kompozitlerde malzemeyi yoğunlaştırmak ve toklaştırma için sinterleme işlemi kullanılır [34].

3.4.3 Polimer matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Polimer matrisli kompozitlerin üretimi, takviye malzemesinin doğru teknikler yardımıyla matris malzemesine karıştırılması ve uygun basınç ve sıcaklık şartları altında polimer esaslı matris malzemesinin kürleşerek sertleşmesi esasına dayanır. Üretilecek olan nihai ürünün kalitesi polimerizasyon adı verilen bu süreçte basınç, sıcaklık ve zamanın doğru şekilde ayarlanmasına bağlıdır. Ayrıca metal matrisli kompozitlerde olduğu gibi matrisin, takviye malzemesini yeterli derecede ıslatabilmesi ve takviye malzemesinin matris içinde doğru şekilde yapılandırılmış olması da üretim açısından dikkat edilmesi gerekli diğer önemli noktalar. Üretim yöntemleri açık ve kapalı kalıpla üretim olmak üzere ikiye ayrılan polimer matrisli kompozitlerde el yatırma yöntemi ve püskürtme yöntemi yaygın olarak kullanılan açık kalıpla üretim yöntemleridir. Pres kalıplama, transfer kalıplama, infüzyon, vakumla kalıplama, otoklavda kalıplama, filament sarma, pultrüzyon, santrifüj yöntemi, reçine enjeksiyon ve reaksiyonlu enjeksiyon yöntemi ise yaygın kullanıma sahip kapalı kalıpla üretim yöntemleridir [5, 10, 30].

Kompozit malzemelerin üretim yöntemlerini üç ayrı başlık altında incelemek gerekli olsa da, genel olarak tüm kompozit malzeme türlerinde dolgu ve takviye malzemeleri, elde edilmek istenen parçaya/ürüne göre doğru yapılandırılmış olmalıdır. Bu doğru yapılandırmanın, uygun bir mikro yapısal kalite ve makul üretim maliyetleri ile elde edilmesi ise kompozit üretimindeki başlıca problemler olarak ortaya konabilir. Ayrıca, ürüne uygun doğru üretiminin seçilmesinde üretim adetleri, ürünün boyutu, şekli ve üründen beklenen performans önemli rol oynamaktadır. Bunun yanında kompozit üretiminin önündeki engelleri ortada kaldıracak üretim teknolojilerinin ve kompozit üretim yöntemleri ile ilgili genel bilgilerin diğer malzeme türlerine göre yeni gelişiyor olması ve dolayısıyla da genel olarak üretilen bilginin yaygın olmayışı kompozit üretiminin önündeki diğer engeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle polimerik kompozitlerin üretim yöntemleri, teknik açıdan belirli bir olgunluğa ulaşmış olsa dahi, metal ve seramik matrisli kompozitler halen gelişim aşamasındadır [12].

Daha önce de bahsedildiği gibi parça veya ürün için matris ve takviye malzemelerinin doğru yapılandırılmasının gerekliliği birçok üreticiyi kompozit malzeme ve nihai parça/ürünün aynı anda üretilmesi yöntemine götürmüştür. Üretimde bu tarz bir anlayışın benimsenmesi, üretilecek parça veya ürün için gerekli olacak mekanik gereksinimlerin doğru olarak algılanarak yapılandırılmasına ve üretimin de bu doğrultuda yapılmasına olanak sağlamaktadır.

3.5 Kompozit Malzemelerin Genel Özellikleri, Avantaj ve Dezavantajları

Çevremizde bulunan birçok malzemenin kompozit oluşu etkileyicidir. Bu malzemelerin çoğunluğunu birden fazla bileşen içeren biyolojik malzemeler oluşturmaktadır (tahta, kemik, diş... vb). Biyolojik kompozit yapılar sağlam ve dayanıklı bir güçlendirici malzemenin etrafında onu saran koruyucu ve daha sünek bir ana fazdan meydana gelmektedir. Bu tarz kompozit yapılar anizotropiktir ve farklı doğrultulardan mekanik özellikleri ölçüldüğünde farklı sonuçlar elde edilmektedir.

Yapay kompozitlerin üretimi esnasında anizotropi durumunun kontrol edilebilmesi parça/ürün tasarımında önemli fırsatlar yaratmaktadır. Bu durum konvansiyonel malzemeler ile çalışmaktan farklıdır. Bir mühendis ya da tasarımcı çalışacağı malzemeyi izotropik olarak ele alır ve malzemenin her yerinde aynı özellikleri sergileyeceğini düşünmektedir. Ancak kompozit malzemelerde farklı olarak, mekanik özelliklerdeki bu değişkenlikler tasarım esnasında kesinlikle göz önünde bulundurulmalı ve yapılacak tasarımın karşılaşacağı durumlar iyi analiz edilmelidir. Bu yüzden kompozit malzeme ve ürün/parça üretimi bir arada ve iç içe düşünülmelidir.

Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer önemli nokta yapıyı oluşturan bileşenlerin özelliklerinin kompozite etkisidir. Rijitlik, tokluk, dayanım ve yoğunluk oldukça kritik öneme sahiptir. Genleşme ve ısı iletim gibi termal özellikler de dikkat edilmesi gereken diğer özelliklerdir. Bileşenler arasında termal genleşmeler bakımından bir yanlış eşleşme kompozit içinde mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyecek kalıcı gerilmelere sebep olacaktır [12, 30].

Bileşenlerinin tek başlarına sahip olamadığı üstün özelliklere sahip olması kompozit malzemelere önemli avantajlar getirmektedir. Bu avantajların en öne çıkanları;

Yüksek rijitlik, dayanım, yorulma direnci, özgül elastisite, korozyon direnci, aşınma direnci, iyi termal ve ısı iletkenlik, düşük ağırlık ve estetik görünümü şeklinde sıralanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta herhangi bir kompozit malzemenin yukarıda sıralanan tüm özellikleri bünyesinde barındıramayacağıdır. Kullanım amacı göz önünde bulundurularak, doğru üretim şartları, uygun ve özellikleri bilinen matriks ve takviye bileşenleri kullanılarak kompozit malzemeye istenen özellikler kazandırılabilir [29].

Kompozit malzemeler genel olarak yüksek performans ve hafifliğin, yüksek termal dayanımın, korozyon direncinin gerekli olduğu durumlar için tasarlanmakta ve üretilmektedir. Konvansiyonel mühendislik malzemelerine bu gibi durumlarda önceki bölümlerde de anlatıldığı gibi sayısız üstünlük sağlamaktadırlar. Ancak özellikle son zamanlarda kompozit malzemeler, yüksek yüzey kaliteleri, görsellikleri ve popülerliklerinin artması gibi sebeplerden ötürü, sadece görsellikleri açısından da mimari ve endüstri ürünleri tasarımında tercih edilen malzemeler haline gelmiştir. Kompozit malzemelerin belli başlı avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Kompozit malzemeler çeşitli uygulama alanlarında fiziksel ve mekanik özelliklerinden ötürü birçok metal bileşenin yerine tek başlarına kullanılabilirler.
2. Kompozit malzemelerin eğilme ve çekme dayanımı oldukça yüksektir. Eğilme dayanımı açısından bazı kompozit malzemeler, kendisiyle aynı eğilme dayanımını gösteren geleneksel çelikten 5 kat alüminyumdan da 2 kat daha hafiftir.
3. Kompozit malzemelerin özgül dayanımları çok yüksektir (yoğunluk – dayanım oranı). Polimer matrisli kompozitlerde özgül dayanım değerleri çelik ve alüminyum alaşımlarına göre 3 ila 5 kat daha yüksektir. Yüksek özgül dayanım değerlerine bağlı olarak, kompozit parçalar mukabillerine nazaran çok daha hafiftirler. Bu özellikleri sayesinde, hava taşıtlarının ve otomobillerin daha az yakıt harcayarak daha hızlı gidebilmelerini sağlamaktadırlar.
4. Kompozit malzemelerin yorulma dayanımı oldukça yüksektir. Çelik ve alüminyum alaşımlarına göre bazı karbon/epoksi kompozitler % 40'lara varan daha iyi yorulma dayanımı değerleri sunabilmektedir.

5. Birçok kompozit malzeme korozyona karşı yüksek dayanım gösterir. Metaller genellikle suyun ve havanın bulunduğu ortamda korozyona uğrar ve kaplama ya da alaşımlama gibi özel koruma yöntemlerine ihtiyaç duyarlar. Polimer matrisli kompozitlerin dış yüzeyinin plastik olması, diğer malzemelere oranla korozyona ve kimyasallara karşı çok daha iyi direnç göstermelerine imkân verir. Keza seramik matrisli kompozitlerin de korozyon dayanımı oldukça yüksektir.
6. Doğru matriks ve takviye elemanı seçimiyle üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilmektedir. Farklı uygulamalar için istendiği takdirde kompozit malzemeler yalıtkan veya iletken olarak üretilmektedir.
7. Kompozit malzemeler çevresel etkilerden, hava, atmosfer ve çoğu kimyasallardan etkilenmezler. Sıvı ve kimyasal depolar, boru ve havalandırma kanalları, tekne, deniz taşıtları ve uzay sanayisi gibi alanlarda özellikle yüksek korozyon ve kimyasal dirençleri sayesinde kompozit malzemeler avantajlı duruma gelmektedir.
8. Kompozit malzemeyi oluşturan bileşenler ısı iletim katsayısı düşük malzemelerden seçildiği takdirde, yüksek ısı altında çalışabilen, ısıya dayanıklı kompozitler elde edilebilmektedir. Seramik matrisli kompozitler bu tarz uygulamalar için özellikle tercih edilmektedir.
9. Kompozit malzemeler tasarımda ciddi miktarlarda esneklik sağlarlar. Örnek olarak, kompozit yapıların termal genleşme katsayısı doğru malzeme ve doğru yerleşimle sıfıra indirilebilir. Çünkü kompozitlerin termal genleşme katsayısı metallere nazaran çok daha düşüktür ve bu yüzden de kompozit malzemeler yüksek boyutsal kararlılık gösterirler. Ayrıca kalıplama özelliklerinden ötürü istenen bölge ve yönde gereken mukavemet kazandırılabilir. Bu şekilde malzemedan tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilebilir.
10. Kompozit malzemeler ile nihai şekilde ya da nihaiye yakın şekillerde üretim yapılabildiğinden birçok ek üretim işlemine ihtiyaç duyulmamakta ve böylece üretim maliyetleri ve üretim çevrim süreleri kısılabilmektedir.

11. Bazı durumlarda geleneksel malzemelerle elde edilemeyen karmaşık parçalar, perçin ya da kaynak yapılmaksızın kompozit malzemeler ile elde edilebilmektedir. Ürünün tek parça halinde yapılması güvenilirliği artırmakta ve üretim zamanlarını azaltmaktadır.
12. Kompozit malzemeler montaj ve üretim açısından da çeşitli teknik üstünlükler sağlamaktadır. Bu tekniklerle üretimdeki parça sayısı azaltılarak montaj süreleri kısalmaktadır. Ayrıca parçaların eksiz, tek parça oluşları yüksek dayanımlı yapısal parçaların düşük maliyetlerle üretilebilmelerine imkân vermektedir. Montaj zamanlarının azaltılması maliyet-fayda ikilisini daha iyi hale getirmektedir.
13. Kompozitlere yüksek darbe dayanımı özelliği kazandırılabilir. Karbon ve cam takviyeli kompozitler çelik ve alüminyuma göre çok daha yüksek darbe dayanımına sahiptirler. Kompozitlerde, sürekli (uzun) cam takviyeli olanlar süreksiz (kısa) cam takviyeli olanlara nazaran üç ila dört kat fazla darbe dayanım özellikleri sergilemektedir. Bu özelliklerinden dolayı savunma sanayisinde fazlaca kullanım alanı bulmaktadırlar.
14. Kompozit malzemelerdeki süneklik özellikleri sebebiyle ses ve titreşim özellikleri oldukça iyi bir seviyededir. Kompozitler titreşimleri metallerden çok daha iyi sönümlemekte ve olası şokları yutabilmektedir, bu sayede oluşabilecek çatlakların ilerlemesi de minimize edilmektedir. Bu özellikleri sayesinde, golf sopaları ve uçaklar gibi farklı sektörlerde uygulama alanları bulmuşlardır.
15. Cam ve aramid takviyeli fenolik kompozitler düşük gaz ve ağırlık (zehirlilik) özelliklerine sahiptirler.
16. Kompozitlerin üretimlerinde metallere nazaran daha düşük sıcaklıklara ve basınçlara ihtiyaç duymaları, üretim makineleri için yapılan yatırım maliyetlerinin daha düşük olmasını sağlamaktadır. Bu maliyetlerin düşük olması, ürünlerin piyasada kalma sürelerinin her geçen gün düştüğü rekabetçi pazar ortamında tasarım için çok büyük bir esneklik sağlamaktadır [9, 35].

Kompozit malzemelerin yukarıda sıralanan özellikleriyle diğer malzeme gruplarına göre avantajlı duruma geçebilmeleri için matriks ve takviye malzemelerinin ara yüzey bağlarının kuvvetli olması gereklidir. Ara-yüzey bağlarının kuvvetli olması ise

matriksin ıslatabilirlik özelliğine bağlıdır. Bunun dışında matriks ve takviye malzemelerinin uyumu, üretim tekniği ve takviye malzemesinin kompozit yapı içinde doğru dağılımı önem kazanmaktadır [5].

Kompozit malzemeler konvansiyonel malzemelere göre yukarıda sıralanan birçok avantaja sahip görünse de bazı önemli dezavantajlarından ötürü diğer malzemelerin kullanım açısından göstermiş olduğu hızlı gelişim ve yayılımı gösterememişlerdir. Kompozit malzemelerin önemli dezavantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. Bazı kompozit malzemeler anizotropik yani yöne bağımlıdır. Bu yüzden farklı doğrultularda değişik mekanik özellikler gösterebilmektedirler.
2. Kompozit malzemenin içinde kalabilecek hava zerrecikleri ve çatlaklar kompozitin yorulma özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir.
3. Malzeme maliyetleri açısından kompozitler, geleneksel malzemelere nazaran çok daha yüksek hammadde maliyetlerine sahiptirler. Bunun sebebi, kompoziti oluşturan malzemelerin birden fazla olması ve üretim adetlerinin düşük olmasından ötürü birim parça başına binen malzeme maliyetinin çok olmasıdır.
4. Üretim yöntemleri ve üretilebilirliklerindeki güçlükler kompozit malzemelerin önündeki en önemli engeller arasında gösterilebilir. Geçmişte kompozit malzemeler sadece düşük sayılardaki (günde 1 ila 3 parça) büyük yapıların üretiminde kullanılmaktaydı. Yüksek adetli üretim yöntemlerinin eksikliği kompozit malzemelerin yaygın şekilde kullanımını engellemekteydi. Son zamanlarda, pultrüzyon, reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama, elyaf sarma, basınçlı kalıplama ve transfer kalıplama gibi üretim yöntemleriyle makineleşme sağlanarak yüksek üretim adetlerine ulaşılabilmiştir. Örnek olarak, otomotivde kompozit parçaların kullanılabilmesi için günlük 100 ila 20,000 adet üretim kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Keza golf sopası gibi spor malzemeleri de günlük 10,000 parça gibi yüksek üretim adetlerine sahiptir.
5. Kompozit malzemeler kolay işlenebilir malzemeler (delik delme, kesme, talaş alma... vb) değildir. Ayrıca kompozit malzemelerde yüksek yüzey kalitesine ulaşmak diğer malzemelere oranla daha zordur.

6. Geleneksel malzemelerle üretim ve tasarım yaparken, hali hazırda makinelere, metal el kitaplarından ve veritabanlarından yararlanılmaktadır. Geleneksel malzemelerle tasarım yapmak için birçok kaynak ve veritabanı mevcut iken, kompozitler ile çalışırken bu tarz kitapların, bilgilerin ve veritabanlarının eksikliği ciddi şekilde hissedilmektedir.
7. Kompozit malzemelerin termal dayanımları kullanılan matris malzemesinin termal dayanımına bağlıdır. Kompozitlerin birçoğunda polimer esaslı matrisler kullanıldığından, termal dayanımları plastiklerin özellikleriyle sınırlıdır.
8. Çözücülere, kimyasallara karşı dayanımı ve çevresel koşullar altında sergiledikleri özellikleri kullanılan matrisin özelliklerine bağlıdır. Bazı kompozitler bu gibi çevresel şartlar altındaki dayanımları düşüktür.
9. Bazı kompozitler havadaki nemi emerler. Bu durum sergiledikleri özellikleri ve boyutsal kararlılıklarını etkilemektedir.
10. Gevrek (kırılgan) yapılarından ötürü bazı kompozitlerin darbelere karşı dayanımları yüksek değildir ve kolayca zarar görebilmektedirler. Bu yüzden onarımları güçtür ve farklı problemler yaratmaktadır.
11. Kompozit malzemelerin kopma anındaki uzamasının az oluşu, kompozitlerin kullanım alanlarına sınırlamaktadır.
12. Özellikle polimer matrisli kompozitlerin üretimi esnasında insan sağlığını tehdit edici zehirli ve kanserojen gazlar salınabilmektedir.
13. Günümüzde önemi giderek artan en önemli konulardan biri olan geri dönüşüm konusunda kompozit malzemelerin, diğer konvansiyonel malzemelere oranla daha az geri dönüştürülebilir olması kompozit malzemelerin önündeki en önemli engel olarak karşımıza çıkmaktadır [35].

4. POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELER

Kompozit malzemeler günümüzde mühendisler, tasarımcılar, üreticiler veya firma sahipleri tarafından üstün performans özelliklerinden ötürü tercih edilmektedir. Üçüncü bölümde, kompozit malzemelerin bu öne çıkan özellikleri, üretim yöntemleri, avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur. Bu incelemenin bir devamı olarak dördüncü bölümde, kompozit malzemelerin bir alt başlığı ve tezin ana konusu olan polimer matrisli kompozitlerin yapısı, kullanılan matris, takviye malzemeleri ve çeşitleri, avantajları, dezavantajları ve üretim yöntemleri detaylı olarak incelenecektir. Beşinci bölümde ele alınacak olan Türkiye’de polimer matrisli kompozitler ve endüstri ürünleri tasarımı konusuna geçmeden önce, polimer matrisli kompozitlerin diğer kompozit türlerine nazaran endüstri ürünleri tasarımında hangi temel sebeplerle daha çok kullanıldığı ortaya konacaktır.

4.1 Polimer Matrisli Kompozitlerin Yapısı

Yapıyı oluşturan her bir bileşenin kendi başına sahip olamadığı özelliklere sahip kompozit malzemeler temelde; yapıyı bir arada tutan ve kompozit malzemenin maruz kaldığı kuvvetleri takviye malzemesine eşit oranda dağıtan, daha sünek bir ana fazdan ve yapıya rijitlik ve dayanım özelliklerini kazandıran daha gevrek bir takviye malzemesinin birleşmesiyle meydana gelmektedir. Kompozit malzeme yapısının daha iyi anlaşılabilmesi için, yapıyı oluşturan matris ve takviye malzemelerinin ayrı ayrı incelenmesi konunun daha rahat kavranması açısından faydalı olacaktır.

4.1.1 Matris malzemeleri

Kompozit malzemelerde matris, ana fazı oluşturmaktadır. Bazı özellikleri tek başına karşılayamayan geleneksel malzemelerden oluşan bu ana fazın, farklı malzemeler ile takviye edilmesi sonucu kompozit malzemeler ortaya çıkmaktadır.

Polimer matrisli kompozitlerde adından da anlaşılacağı gibi matris malzemesi olarak polimerler kullanılmaktadır. Polimerler ısıtıldıklarında sergiledikleri özelliklere göre

termoset ve termoplastik olarak 2 ana başlık altında toplanabilirler. Termoset polimerler çapraz bağlı polimerlerdir ve ısıtıldıklarında sert ve rijit haline gelirler. Bu işlem tersinir değildir. Termoplastik polimerlerde moleküller zincir şeklindedir ve zincirler arası bağlar zayıftır bu yüzden ısıtıldıklarında zincirler kayma eğilimi gösterirler. Belli bir sıcaklık değerinin üzerinde malzeme sıvı hale geçebilir ve bu işlem tersinirdir. Daha basit şekilde ifade edilecek olursa, termoplastikler ısıtılarak tekrar şekillendirilip kullanılabilirken, termoset polimerler ısıyla bir kez şekillendirildikten sonra tekrar şekillendirilemeyen plastiklerdir [12, 36].

Matris malzemelerinin bu alt başlıklar altında detaylı incelenmesine geçmeden önce, polimer matrisli kompozitlere adını veren polimerlere ve genel özelliklerine kısaca göz atmak faydalı olacaktır. Zira polimerler, kompozit yapıda belirleyici olacak kimi özellikleriyle baskın bileşen konumundadır.

4.1.1.1 Polimerlerin yapısı ve özellikleri

Polimer sözcüğünün etimolojisi incelendiğinde Yunancadaki “polis” yani çok sayıda anlamına gelen sözcükle, “meros” yani parça anlamına gelen sözcüklerin birleşiminden oluştuğu görülür. Polimer, birçok mer adı verilen basit bir birimin tekrarlanmasıyla oluşan dev moleküllerden meydana gelmektedir. Polimer bir tek tip merden oluşuyorsa “Homopolimer”, eğer birden çok merin birleşmesiyle oluşuyorsa “Kopolimer” adını alır. Kopolimerler, tıpkı daha iyi özellikler kazandırılmak için metallerin alaşımlandırılmasına benzerdir.

Polimerler karbon temeli üzerine kurulmuş olduklarından kovalent bağlar içerirler. Molekül içindeki atomlar arası kovalent bağlar güçlü olmakla birlikte, polimer yapısını oluşturan moleküller arası bağlar zayıftır. Bu durum polimerlerin mukavemetlerinin zayıf, ergime noktalarının da düşük olmasının ardındaki temel etkidir. Monomerlerin 3 boyutlu bir ağ yapı veya polimer zinciri oluşturmaya yol açan kimyasal reaksiyonlara polimerizasyon denir.

Polimerler moleküllerinin iç dizilişlerine göre 3 esas gruba ayrılırlar: amorf, yarı kristalin ve çapraz bağlı polimerler. Amorf polimerlerde moleküller, kendi aralarında rastgele bağlanmış uzun zincirler halindedir, herhangi bir çapraz bağ yapmazlar. Amorf polimerler ısıtıldıklarında, cam geçiş sıcaklığı denilen (T_g) küçük bir sıcaklık aralığında lastik benzeri bir duruma geçerler. Malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen cam geçiş sıcaklığı, kullanım sıcaklığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu yüzden amorf polimerlerin cam geçiş sıcaklıkları arasında kullanılması büyük sorunlar doğurabilmektedir. En bilinen amorf polimerler; polivinil klorür (PVC), polibütadiyen, poliisopren ve polikloroprendir [36].

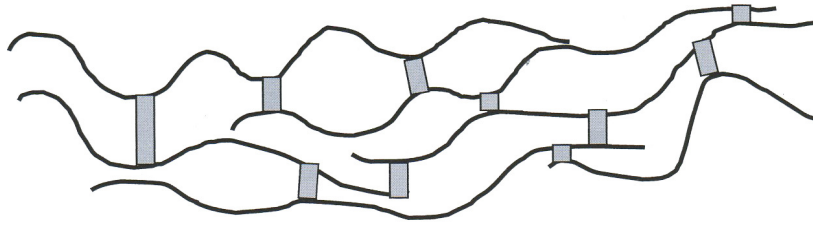
Yarı kristalin polimerler adından da anlaşılabilceğı gibi, kristalin ve amorf bölgelerden oluşan polimerlerdir. Atomların düzgün olarak sıralandığı kristalin bölgeler polimere katılık sağlarken, amorf bölgeler de tokluk kazandırmaktır. Yarı kristalin polimerlerde de cam geçiş sıcaklığı bulunmaktadır ancak amorf ve yarı kristalin polimerler arasındaki en temel fark, yarı kristalin polimerlerin cam geçiş sıcaklığı çoğı zaman oda sıcaklığının çok altındadır fakat buna rağmen malzeme lastiksi değildir. Özelliklerinin cam geçiş veya kullanım sıcaklığına bağı olduğu amorf polimerlerden farklı olarak, yarı kristalin polimerlerde mekanik mukavemet, özellikler ve yumuşama sıcaklığı daha çok kristallik derecesiyle doğru orantılıdır.

Çapraz bağı polimerlerde zincir yapıları arasında, sayıları, malzemenin özelliklerini belirleyen kovalent bağlar vardır. Çapraz bağların sayıları kontrol edilerek, rijit katılardan, viskoz sıvılara kadar birçok değışik malzeme elde edilebilmektedir. Çapraz bağlanma derecesi arttırıldığı zaman polimerin sertliği de artmaktadır.

Polimerler, metal malzemeler ile kıyaslandıklarında termal genleşme katsayıları yüksek olan ve metal malzemelerin tersine elektrik ve ısı iletim özellikleri düşük olan, yalıtkan malzemelerdir. Ayrıca polimerler metallere nazaran çok daha düşük çalışma sıcaklıklarına sahiptirler ve bir yüke maruz kaldıklarında daha fazla plastik özellikler gösterirler. Bunlara ek olarak, birçok polimer kimyasallara karşı dayanıklıdır ancak polimerler de diğler malzemeler gibi yorulmaya karşı hassastır. Bazı polimerler ışık geçirgenliği özelliğine de sahiptirler. Polimer malzemeler, imalat sırasında kalıcı olarak renklendirilebilir ve kalıba işlenecek desenler vasıtasıyla istenen şekiller elde edilebilir. Böylece metal, ahşap, taş gibi çeşitli malzemeleri görsel olarak taklit edebilmekte ve bu özellikleriyle ek yüzey ve bitirme operasyonlarını ortadan kaldırmaktadırlar. Düşük yoğunlukları sayesinde polimerler kullanılarak ağırlıktan tasarruf edilebilen, daha hafif tasarımlar yapılabilmektedir. Korozyon dayanımları yüksek olduğundan bakım operasyonları metallere nazaran daha düşüktür. Ayrıca yüksek adetli üretimlerde, parça başına düşen birim maliyet, boya/kaplama gibi yüzey işlemleri ve birleştirme operasyonları açısından ciddi maliyet avantajına sahiptir [12].

4.1.1.2 Termoset polimerler

Termoset polimerler; katı hale gelmeden önce bağımsız moleküller içerirler ve sertleşme sonrası kimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelen Şekil 4.1’de görüldüğü üzere çapraz bağların oluşturduğu 3 boyutlu bir ağ yapıdadırlar. Fiziksel ve mekanik özellikleri, 3 boyutlu ağ yapısını oluşturan moleküllerinin özelliğine ve moleküller arası bağlara bağlıdır ve polimerizasyon sırasında çapraz bağlanma süreciyle kontrol edilebilirler. Termosetler rijit malzemelerdir ve ısı etkisiyle tekrar yumuşamazlar. Termoplastiklere nazaran daha gevrekler ve termoplastiklerden daha yüksek dayanım göstermektedirler [29].



Şekil 4.1 : Termoset Polimer Zincirlerin Çapraz Bağlanması [10].

Termoset polimerlerde polimerizasyon oda sıcaklığında da gerçekleştirilebilir. Önceden belirlenen bir polimerizasyon programı kullanılması uygun çapraz bağların ve dolayısıyla optimum özelliklerin kazandırılabilmesi için bir yapı elde edilebilmesine yardımcı olur. Termoset polimerler için polimerizasyon sonrasında daha ileri ve istenmeyen bir polimerizasyon olmasını engellemek için polimerizasyon sonrası genellikle (görece yüksek sıcaklıkta) bir son işlem yapılmaktadır.

İlk polimer matrisli kompozitler termoset polimerler ile yapılmışlardır. Uzun zamandır kullanıla gelen termoset polimerler özellikle kompozit malzeme matrisi olarak kullanılırken, polimerizasyon sırasında meydana gelen çekmelere ve soğuma esnasında oluşabilecek iç gerilmelere dikkat edilmelidir. Bu gibi içyapı hassasiyetleri, özellikle yüksek performans beklenen kompozit ürünlerde istenmeyen hatalara sebebiyet verebilir.

Termoset polimerlerin avantajları ve dezavantajları

- Termoset malzemeler ısıtıldıkları zaman sıvı hale geçmeden bozunurlar. Ateş veya ısıyla herhangi bir erime olmadığı için koruyucu bir özellik sergileyebilir ve bu özellikten dolayı bilhassa tercih edilir.

- 3 boyutlu yapı ve çapraz bağların varlığından ötürü ısı karşısında termosetlere nazaran daha karardır.
- Zincirler arası bağlar, makro moleküllerin yer değıştirmesine engel olduğu için genel sürünme özellikleri daha iyidir.
- Termoplastiklerden daha yüksek dayanım özelliklerine sahiptirler.

Termoset polimerler, özellikle polimer matrisli kompozitlerde kullanımları geçmiş yıllara göre artış gösteren termoplastik polimerler karşısında, yukarıda bahsedilen artılarına rağmen, aşağıda sıralanan maddelerden ötürü dezavantajlı durumda kalmaktadır.

- Üretimde çevrim sürelerini arttıran çapraz bağlanmayı oluşturan kimyasal reaksiyonların uzun zaman alması ve genellikle ek bir maliyet getiren ısıtma işleminin gerekliliğı.
- Malzemenin tersinir olmayan sertleşme reaksiyonları sonucu tekrar kullanılamıyor olması.
- Üretim sürecinin takibinin, termoplastikler kadar kolay olmayışı.
- Bazı polimerlerin üretim sırasında gaz, su buharı çıkarması
- Termosetlerin eritilemediklerinden, kaynaklanma olanaklarının olmayışı [36].

Kompozit endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termosetler

Termoset polimerler de kendi içlerinde, sergiledikleri özellikler bakımından farklılıklar göstermektedir. Polimer matrisli kompozitlerde yaygın kullanıma sahip belli başlı termoset polimerler şu şekilde sıralanabilir: polyesterler, epoksiler, vinil esterler, fenolikler, poliüretanlar, silikonlar, amino reçineler.

Epoksiler: Metalik ve metalik olmayan yüzeylere iyi yapışma özelliğine sahip epoksiler iyi mekanik ve elektrik özelliğı, üstün boyut değışmezliğı, ısı ve kimyasallara karşı yüksek direnç göstermeleriyle karakterize edilirler. Düşük polimerizasyon derecesine sahip ısıl işlem görmemiş epoksiler dayanım özellikleri düşük, kimyasallara karşı da daha dirençsiz malzemelerdir. Epoksiler spesifik performans özellikleri sağlamak üzere formüle edilebilirler. Epoksi reçineler mekanik ve elektriksel özelliklerinin iyi olması, korozyon dayanımları ve elektriksel özelliklerinin kombinasyonları sayesinde yüksek performanslı kompozit ürünlerinin

üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Epoksiler cam takviyeli uygulamalarda, laminant ve döküm uygulamalarında, yer döşemeleri ve yapıştırıcılarda kullanıldığı gibi denizcilik, otomotiv, Şekil 4.2’de örneği görülen spor ekipmanları, elektrik ve elektronik sektörlerindeki kompozit parçaların üretiminde performans faktörünün maliyet faktöründen daha önemli olduğu uygulamalarda özellikle kullanılmaktadır.



Şekil 4.2 : Karbonfiber takviyeli epoksi kompozitten üretilen bisiklet iskeleti [11].

Polyesterler: En yaygın polimerik kompozit matris malzemelerinden olan polyester, epoksi gibi hem oda sıcaklığında hem de yüksek sıcaklıkta işlenebilen çeşitlere sahiptir. Farklı uygulamalar için özel polyester türleri mevcuttur (genel amaçlı, alev geciktirici, düşük çekmeli, esnek... vb). Polyester reçinelerde hangi özellikler elde edilmek isteniyor, hangi kalıplama yöntemiyle uyumlu olması isteniyor ise ona göre formüle edilebilirler. Çok yönlü olduklarından ve polimer zincirlerinin oluşumu sırasında modifiye edilebildiklerinden kompozit endüstrisinin hemen hemen tüm alanlarında sınırsız kullanım alanına sahiptirler.

Polyesterler epoksilere nazaran daha ucuz polimerlerdir. Ancak yapışma özelliklerinin zayıf oluşu, termal şok ve işleme sırasında çatlama eğilimleri, polimerizasyon çekmesi ve nemli koşullarda elektriksel özelliklerindeki değişimi epoksiler karşısındaki zayıf yönleridir. Farklı fiziksel özelliklere sahip polyesterler elde etmek mümkündür. Polyesterlerden elde edilebilecek kompozit ürünler sayılamayacak kadar çok olsa da en yaygın kullanım alanları arasında otomotiv gövde panelleri, gemi iskeletleri, inşaat panelleri, büyük tanklar, borular ve çok sayıda tüketim malları sayılabilir.

Fenolikler: Kimyasal direnci ve boyutsal kararlılığı yüksek olan bu polimer türü sert ve gevrek yapıdadır. Piyasada bakalit ismi ile de tanınan fenolikler çok iyi kalıplanabilen polimerlerdir. Fenolik kompozitler oksijen ve ışığa maruz

kaldıklarında renklerini kaybetmektedirler dolayısıyla renklendirilebilme özelliği diğer polimerlere nazaran kısıtlı kalmaktadır. Kompozit matrisi olarak kullanıldığında yüksek sıcaklık dayanımı, boyutsal kararlılık, korozyon dayanımı, ses geçirmezlik ve mükemmele yakın alev dayanımı ve zehirsiz duman özellikleriyle özellikle fren, debriyaj balataalarında, havacılıkta ve yalıtım malzemesi olarak yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Tahta tozu ya da farklı mineraller ile de takviye edilerek kompozit malzemeler elde edilebilmektedir.

Melamin ve Ürefoimaldehidler: Ekonomik kalıplama yöntemleriyle üretilebilen üre veya melamin formaldehitten oluşan amino gruplarıdır. Melaminler, fenolik reçinelere göre daha iyi dayanım özellikleri sergilerler ancak suya karşı dayanımları düşüktür. Asit ve kuvvetli kimyasallara karşı da dayanımları düşüktür. Melamin formaldehitler katı, rijit ve aşınmaya karşı dirençli polimerlerdir. Yüksek deformasyon direnci gösterirler ve kırılmadan sıfırın altındaki sıcaklıklara kadar soğutulabilmektedirler. Ayrıca sıcak suya karşı dayanımları mükemmele yakındır. Elektriksel ve ısı yalıtımları mükemmele yakındır. Farklı renklerde ve ışık geçirgen olarak elde edilebilirler. Fenoliklerden daha pahalıdır. Fırın, buzdolabı gibi mutfak eşyalarının yüzeylerinde, dekoratif eşyalarda, yemek takımı yapımında, banyo ve mutfak kaplama ve tezgâh üst yüzeylerinde kullanılmaktadırlar.

Silikonlar: Kısmen organik, kısmen de inorganik olan sentetik polimerlerdir ve polimer ailesinde bu özelliğe sahip yegâne polimerler silikonlardır. İstenen özellik ve uygulamaya göre nihai halleri akışkan, jelâtin, elastomerimsi ya da rijit olabilir. Yüksek derecede yağlama, kayma, su ve hava geçirmezlik gibi genel özelliklere sahiptirler. Termal denge ve kararlılığı yüksek olan polimerlerdir ve 300°C sıcaklıklara kadar dayanabilmektedirler. Ancak buhar ve kuvvetli alkalilerden etkilenirler.

Poliüretanlar: Poliüretanlar ekzotermik bir reaksiyon sonucu elde edilen, fazla sayıda özelliğe sahip büyük bir polimer ailesidir. Üreticilere son ürünün özelliklerini kontrol etme imkânı vermesi açısından poliüretanlar diğer polimerlerden ayrılmaktadır. Reaksiyonlu enjeksiyon yöntemi ile elde edilen elyaf takviyeli termoset poliüretan kompozit endüstrisinin önemli malzemelerindendir. Bu malzeme otomotiv sektöründe geniş sıcaklık aralığında iyi darbe dayanımı, ısı genleşme katsayıları açısından metal gövde parçalarıyla uyumu, standart gövde parçalarıyla

boyanabilmesi ve boya işlemleri sırasında yüzey düzgünlüğünü koruması gibi özelliklerinden ötürü kullanılmaktadır [29, 36, 37].

4.1.1.3 Termoplastik polimerler

Termoset plastiklerin aksine termoplastikler çapraz bağ yapmazlar. Polimer zincirleri arası zayıf bağlara sahip olan termoplastikler oda sıcaklığında katı halde bulunurlar. Sıcaklığın artması halinde viskoziteleri düşer ve yumuşamaya başlarlar, sonrasında da ergirirler. Soğuduklarında katılaştıran termoplastikler kolay şekil alabilen, kaynak yapılabilen ve tekrar tekrar ısıtılıp soğutularak herhangi ciddi bir hasar olmaksızın yeniden proses edilebilen ve geri dönüştürülebilen polimerlerdir. Mekanik özellikler yapıyı oluşturan monomerlerin özelliklerine ve molekül ağırlıklarına bağlıdır. Moleküller; yarı kristalin ya da amorf yapıda olup, yarı kristalin yapıdaki malzemelerde yüksek bir düzen ve dizilim göstermekteyken, amorf termoplastiklerde moleküller, çapraz bağlar gibi davranan yüksek yoğunluğa sahip karmaşık yapıdadırlar. Amorf yapıdaki malzemelerin ısıtılması yapının çözülmesine ve rijit katıdan viskoz bir sıvıya dönmesine yol açmaktadır. Yarı kristalin durumda ise, ısı kristalin fazı eritmekte ve viskoz bir sıvı haline getirmektedir [36].

Termoplastik tüketimi tüm plastik malzeme tüketimi içinde yaklaşık %80'lik bir paya sahiptir. Tasarımcılar ve mühendisler ürün performansını arttırmak ve üretim harcamalarını azaltmak için, özellikle elyafı takviye edildiğinde avantajlı özellikler sunan kompozit ürünlerde de giderek daha fazla termoplastiklerin üzerinde yoğunlaşmaktadırlar. Termoplastik polimerlerde termoset polimerlerde olduğu gibi sertleştirme işlemine gerek yoktur, soğutulduklarında kendi sertliklerine ulaşmaktadırlar. Bu özelliği geleneksel malzemelere oranla daha maliyetli olan kompozit malzemeler için önemlidir, zira parça başına düşen maliyetler azalmakta ve üretim adetleri artmaktadır. Termoplastiklerin ayrıca kuvvetli kimyasallara, petrol ürünlerine ve çevresel şartlara karşı dayanımları oldukça yüksektir. Termoplastik matris malzemesine sahip kompozit ürünler yukarıda bahsedilen karakteristiklerinden ve bilhassa da geri dönüştürülebilme özellikleri sayesinde giderek daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

Termoplastik polimerlerin avantajları ve dezavantajları

- Isı ile yumuşayıp ergiyebildikleri için, kaynak ya da ısı ile formlama yapılabilirler.

- Geri dönüştürülebilirler.
- Çapraz bağlanma reaksiyonları olmadığı için üretimde çevrim zamanları oldukça kısadır.
- Üretim süreci takip etmek termosetlerden daha kolaydır.
- Üretim öncesi doğru şekilde kurutulduklarında, termoplastikler herhangi bir su buharı ya da gaz salınımı yapmazlar.

Termoplastik polimerler, günümüzde her geçen gün artan çevre bilinci ve kaynakların verimli kullanımı konuları göz önüne alındığında geri dönüştürülebilme özelliği sayesinde termosetlere nazaran önu daha fazla açık olan malzemelerdir. Aşağıda belirtilen belli başlı dezavantajları, termoplastik polimerler ile çalışırken dikkat edilmesi gereken noktaların başında yer almaktadır.

- Sıcaklık arttığında çapraz bağların olmayışı, ısı karşısında dayanımı düşürmektedir.
- Aynı sebepten ötürü sürünme özellikleri termoset polimerlerden daha kötüdür.
- Ateşe karşı termosetler gibi dayanıklı değildirler, termoplastikler eriyip akma eğilimindedirler.
- Sıvı haldeyken çalışmaya elverişli olan termoplastiklerin sayısı azdır [10].

Kompozit endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termoplastikler

Polimerik kompozitlerde matris malzemesi olarak ve ticari anlamda en çok kullanılan termoplastik polimerler polietilen, polipropilen, polivinil klorür, akrilonitril bütadien stiren, poliasetal, poliamid ve polikarbonattır. Kompozit uygulamalarında giderek sayıları artan bu termoplastik matrislere ve özelliklerine kısaca göz atmak faydalı olacaktır.

Polietilen: Düşük yoğunluğa ve düşük ergime sıcaklığına sahip bir polimerdir. Mekanik özellikleri sıcaklığa, kristallik derecesi ve yoğunluğa bağlıdır. Deformasyon direnci yüksek, neme karşı dayanıklı, kimyasal olarak kararlı ve kolay işlenebilirlerdir. Maliyet açısından da avantajlı olan polietilenin UV dayanımı düşüktür, ısı ve çevresel faktörlerden etkilendiği için de kolayca çatlamalara yol açabilir. Zor yapılabirlik de diğer zayıf yönlerindendir. Paketleme sektöründe, ev

eşyalarında (kap, kova, sepet...), oyuncak yapımında düşük yoğunluklu polietilen kullanılırken, boru ve yapısal parçalar gibi daha mukavim ürünlerin yapımında yüksek yoğunluklu polietilen kompozit matrisi olarak tercih edilir.

Polipropilen: En hafif polimerlerden biridir. Yumuşama sıcaklığı 100°C derecenin üzerindedir. Polietilene göre kimyasal aktifliği daha fazla olan bir maddedir. Bu sebeplerden ötürü polietilenin yerine kullanılırlar. Islak ortamlarda dahi elektrik iletkenliği oldukça düşüktür. Mekanik özellikleri oda sıcaklığında iyidir. Ancak polietilen gibi UV dayanımı düşüktür ve düşük sıcaklıklarda çatlama riski vardır. Otomotiv parçalarında, beyaz eşyalarda ve polietilen gibi petrokimya ve boru ürünlerinde tercih edilmektedirler [37].

Polivinilklorür (PVC): İşleme kolaylığı ve ucuzluğu sayesinde en çok kullanılan polimerlerin başında yer alır. PVC eriyik halde yüksek viskoziteye sahiptir. Sert ve gevrek bir malzeme olan PVC, titreşim sönmeme, yüksek aşınma, kimyasal ve nem direnci, iyi mekanik mukavemet ve kolay renklendirilebilme özellikleri açısından ön plana çıkmaktadır. Ancak insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve yeni çevresel standart ve regülasyonlar neticesinde kullanımı giderek azalmakta olan bir polimer türüdür. Bu zararlı yönünden ötürü PVC'ler önceleri oyuncak ve başta gıda olmak üzere paketlenme sektöründe kullanılsa da kompozit uygulamalarında daha çok borular, kablo ve tel yalıtımları, çeşitli filmler, kalıplar, kaplama ve döşeme malzemeleri olarak kullanılmaktadır.

AkrilonitrilBütadienStiren (ABS): 3 farklı monomerden meydana gelen ABS malzemeler, üç bileşenin özelliklerini bünyesinde barındırır. Bu monomerlerin başlıca özellikleri; çekme mukavemeti, elastiklik ve sertliktir. Bu üç özelliğin aynı anda polimerlerde bulunması pek rastlanabilir bir durum değildir. En fazla ön plana çıkan özellikleri tokluk ve darbe dayanımıdır. Yüzey sertliği ve ısı direnci açısından da üstün özellikler sergileyen, nemden az etkilenen, işlemesi kolay ve boyutsal kararlılığı iyi olan bir polimerdir. Başlıca dezavantajları diğer yaygın kullanılan polimerlere kıyasla yüksek maliyetleridir. Ancak yinede, birçok makine parçası, tuş ve düğmelerinde, elektrikli ev aletlerinde, kamera, telefon gibi elektronik cihazlarda, boru, ızgara gibi çevresel etkilere maruz kalan ürünlerde ve daha birçok yerde kullanılmaktadır. ABS polimerler genellikle farklı termoplastik polimerler ile birlikte kısa takviye ile güçlendirilmiş kompozitlerde matris malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Poliasetal: Kısaca POM olarak da bilinirler ve yüksek rijitlik, aşınma direnci, tokluk ve dayanım özellikleri sergilerler. Ergime sıcaklıkları yüksektir (180°C). Nem alma özellikleri ve sürtünme katsayıları düşüktür. Buna karşın çekme değerleri ve ısı genleşme katsayıları yüksektir. Makine yataklarında, otomotiv parçalarında, bilgisayar ve yazıcı parçalarında ve daha birçok elektronik ürünlerde kullanılmaktadır.

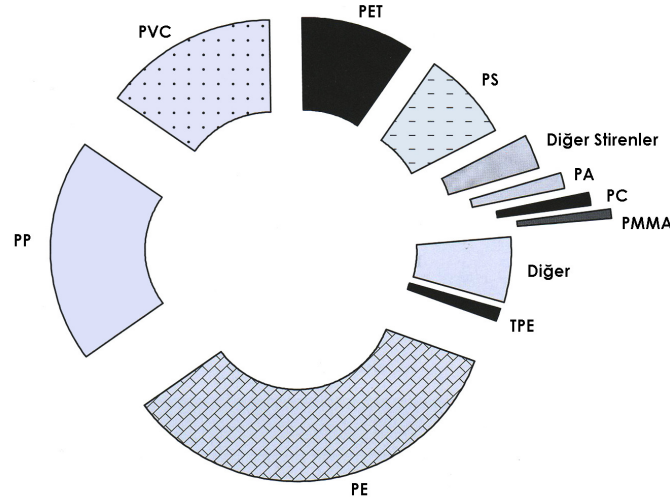
Poliamid: Bu polimer grubunun en çok bilinen üyeleri Naylon 6 ve naylon 6.6'dır. Temel farkları moleküller arası bağlardan kaynaklanmaktadır. Sürtünme katsayıları düşük, mekanik özellikleri iyi ancak pahalı polimerlerdir. Kendi kendini yağlama özelliğine sahiptir. Bu özelliklerinden ötürü de naylonlar, geniş ölçüde yağlanmaya gerek duymayan her cins hareketli parçada ve düşük sürtünmenin gerekli olduğu dişli parçalarında bilhassa tercih edilirler. En önemli dezavantajı nem alma ve boyutsal çekme değerlerinin yüksek oluşudur. Eğlence sektöründe kullanımı giderek artmaktadır [37].

Poliamid grubunun bir diğer önemli üyesi olan aramid, kompozitler açısından önemli bir yere sahiptir. Kevlar olarak da bilinen bu malzemenin dayanım özellikleri çelik ile aynıyken, yoğunluğu çeliğe göre %20 daha düşüktür. Yüksek performans beklenen parçalarda ve zırh yapımında tercih edilen bir malzemedir.

Akrilik: Polimetilmetakrilat (PMMA) olarak adlandırılan lineer yapıdaki polimerlerdir. Boyutsal kararlılığı yüksek, nem alma değerleri düşük, rijit polimerlerdir. En önemli özelliği saydam olmalarıdır ve bu özellikleri PMMA'ları optik uygulamalarda cam ile yarışır hale getirmiştir. Ancak çizilmeye karşı gösterdikleri direnç cama kıyasla çok düşüktür. Darbe dayanımının düşük oluşu bir başka olumsuz özelliğidir. Optik alanlarda, otomotiv aydınlatma gruplarında, uçak camlarında, tıbbi malzemelerde, elektrik&elektronik cihazlarda, reklam endüstrisinde ve boyutsal kararlılığından ötürü özellikle çizim aletleri ve dişçilikte kullanılmaktadır.

Polikarbonat: Polikarbonat, yumuşama noktası yüksek, darbe dayanımı iyi, sert, kolayca renklendirilip cam berraklığında elde edilebilen pahalı bir polimerdir. UV ve bazı kimyasallara karşı dayanımı düşüktür. Kullanım alanları arasında aydınlatma cihazları, sofa ve ev eşyaları (bardak, tabak, vazo...), optik cihazlar, otomotiv aydınlatma grupları ve elektronik cihazlar bulunur [9, 10, 36].

Çizelge 4.1 : Termoplastik polimerlerin pazar payı dağılımları [10].



Kompozit endüstrisinin başında matris malzemesi olarak doymamış polyester kullanılmaktaydı. Doymamış polyesteri diğer termoset polimerler takip etti. Yıllar içinde, daha önce de belirtildiği üzere geri dönüştürülebilme özelliğinden ötürü kompozit üretiminde termoplastik polimerler kullanılmaya başlandı ve günümüzde termoplastik kompozitlerin gelişimi termosetlerden çok daha hızlı ilerlemektedir. Mevcut durumda polimerik kompozitlerin %65'ini termosetler oluştururken %35'ini Şekil 4.1'de ayrıntılı dağılımları gözüken polipropilen ve polyester gibi termoplastik polimerler oluşturmaktadır. Termoset ve termoplastik malzemelerin matris malzemesi olarak kullanılmasının getirdiği kimi avantaj ve dezavantajların ayrıntılı karşılaştırılması Çizelge 4.2'de görülmektedir. [37].

Çizelge 4.2 : Termoset ve termoplastik matris malzemesi kullanımının bazı avantaj ve dezavantajları [38].

Uygulama	Özellik	Termoset Matris	Termoplastik Matris
Matris	Formulasyon	Karışık	Daha Basit
	Eriyik Akışkanlığı	Düşük	Daha Yüksek
	Maliyet	Düşük-Orta	Düşük-Yüksek
Prepreg	Raf Ömrü	Oldukça Düşük	Yüksek
Kompozit	Proses Çevrimi	Oldukça Uzun	Oldukça Kısa
	Ürün Boyutları	Çok Büyük Olabilir	Küçük-Orta
	Çözücülere Karşı Dayanım	İyi	Zayıf-İyi
	Hasar Toleransı	Zayıf-Mükemmel	Zayıf-İyi
	Üretim Kolaylığı	Emek Yoğun	Daha Az Emek Yoğun

4.1.2 Takviye malzemeleri

Günümüzde polimer matrislerin takviye edilmesinde çok farklı malzemeler kullanılmaktadır. Polimer matrisli kompozitler deneysel çalışmalara diğer kompozit türlerinden daha uygun olduklarından bazı üretici, mühendis ya da tasarımcılar daha önce denenmemiş veya akla gelmeyecek malzemeleri polimerlere ilave ederek kompozit malzemenin, yeni tasarım ve uygulamaların sınırlarını zorlamaktadırlar.

Matris malzemesi olarak polimerlerin neredeyse oturmuş ve süre gelen bir kullanım şekli olsa da, takviye malzemelerinin henüz sınırlarına ulaşılmamış olması ve polimerler için sürekli yeni takviye malzemelerinin ortaya çıkıyor olması, polimer matrisli kompozitlerin gelecek için nasıl yeni uygulamalara gebe olduğunun en güzel örneğidir. Bu gibi yeni yaklaşımlar kompozit malzemeleri diğer geleneksel malzemelere göre farklı kılmaktadır.

Kompozitlerin ortaya çıktığı ilk yıllarda polimerleri takviye etmek için tekstil ve kumaş türevi malzemeler bulunmaktaydı. Zaman içerisinde takviye malzemeleri çeşitlendi ve üretimleri ve kompozit uygulamaları esnasında karşılaşılan problemler doğrultusunda, bağlayıcılar, kaplamalar ve kaydırıcılar gibi ek ilavelerle geliştirilmiştir [37].

Kompozit bir malzemedeki takviye malzemesinden genel olarak beklenen, malzemenin maruz kaldığı yüklerin taşınması, kompozit malzemeye dayanım, sertlik, ısısal kararlılık ve diğer bazı yapısal özelliklerin kazandırılması ve kullanılan takviye malzemesinin cinsine de bağlı olarak yalıtım ya da elektrik iletkenliğinin sağlanmasıdır. Takviye malzemeleri malzeme türüne göre polimer, seramik ya da metal olabildikleri gibi, morfolojilerine göre de sürekli (uzun), süreksiz (kısa) ya da parçacıklı yapıda olabilmektedir. Bu gruplar kendi aralarında alt başlıklara ayrılmaktadırlar [10, 12].

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi takviye çeşitleri öğütülmüş lif, fitil, kırılmış lif, keçe (sürekli, ısı ile şekillendirilen ya da kırılmış demetten oluşan keçelerden oluşabildiği gibi, sürekli elyaf, dokuma kumaşlar, örme kumaşlar ya da levha formundaki çok yönlü takviyelerden de oluşabilir. Bunların yanında şerit, demet veya tek yönlü dokuma kumaştan oluşan tek yönlü takviye malzemeleri de mevcuttur [37].



Şekil 4.3 : Cam takviye örnekleri: öğütülmüş, kırılmış, fitil ve dokuma (soldan sağa) [37].

Kullanılan takviye malzemesi matris içerisinde yalnızca belirli bir doğrultuda yöneliyor ise, fiber doğrultusundaki özellikler maksimum değerlere ulaşırken, fiber doğrultusuna dik yöndeki özellikler düşük seviyelerde kalacaktır. Örme ya da dokuma takviye malzemeleri bu tarz durumlarla karşı karşıya kalmamak ve mekanik özellikleri her yönde arttırmasından ötürü sıklıkla tercih edilmektedir.

Fiberlerin biçimleri, uygulanacak üretim metoduna ve uygulama alanına göre seçilebilmektedir. Yapısal uygulamalarda kullanılacak kompozitlerde uzun (sürekli) fiberler tercih edilirken, bunun dışındaki farklı uygulamalar için kısa (süreksiz) fiberler önerilmektedir. Sürekli fiberlerle takviye edilen kompozitlerin üretiminde elyaf sarma, profil çekme (pultrüzyon) gibi yöntemler kullanılmaktayken; kısa fiberli kompozitlerin üretiminde enjeksiyon ya da basınçlı kalıplama yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Kısa (süreksiz) fiberler, sürekli fiberlere göre üretim açısından daha kolay üretilabilir olsa da, fiber özellikleri açısından daha az etkilidirler. Süreksiz yapıdaki takviye malzemeleri birkaç mikrometreden, santimetrelerce kadar geniş sayılabilecek bir boyut aralığında üretilmektedir [10, 12, 29].

Polimer matrisli kompozitlerde çok çeşitli takviye malzemeleri kullanılmaktadır. Bu grup içerisinde tüketim ve satış miktarları göz önüne alındığında en yaygın olanı cam elyafıdır. Takviye malzemesi olarak camdan sonra, karbon elyaf, aramid, polietilen, naylon ve polyester en çok tercih edilen malzemelerdir.

Cam elyafı: Cam elyafının “E” ve “S” gibi alt çeşitleri mevcuttur. “E” camı yüksek mekanik özelliklerinin yanında yalıtım özelliği ve neme karşı direnci sayesinde polimer matrisli kompozitlerde en çok kullanılan takviye malzemesi konumundadır. “S” camı, daha yüksek mukavemet, kimyasal dayanım, eğilme modülü ve ısı dayanımına sahiptir. Cam elyafları genellikle 9 ila 23 mikron arasındadır. Bu derece küçük ölçü değerlerine ulaşılabilmesi için cam, yüksek hızlarda, üzerinde yüzlerce deliğin bulunduğu sıcak bir kalıptan çekilmektedir [37].

Karbon elyafı: Karbon elyafları daha çok üretim maliyetlerinin yüksek oluşundan ötürü, performans ihtiyacının maliyetin üzerinde önem kazandığı uygulamalarda tercih edilmektedir. Son zamanlarda bu malzemenin popülerliğinin artmasından ötürü dar bir alıcı kitlesine hitap eden lüks tüketim ürünlerinde de, malzeme değeri yüksek olduğu için uygulama alanı bulmaktadır.

Takviye malzemesi olarak karbon, diğer takviye malzemelerine nazaran daha farklı avantajlar sunmaktadır. Çok yüksek mukavemet ve görece düşük yoğunluğu sayesinde hafiflik ve performansın sınırlarının zorlandığı uygulamalar için öncelikli tercih olmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda çalışabilen ve yorulma dayanımı iyi olan bir malzemedir. Ancak elektrik iletkenliği ve sınırlı uzama gösteren liflerin çeşitli darbe sorunları doğurması gibi dezavantajları da unutulmamalıdır. Karbon elyaflar genellikle dokuma ya da şerit halinde üretilmektedir.

Aramid Elyafı: Aramid elyafı yüksek mukavemet ve yapışma özelliği gösteren düşük yoğunluğa sahip, kolay ıslatılabilme özelliği gösteren ve birçok polimer matris malzemesiyle rahatlıkla kullanılabilen bir takviye malzemesi olmasıdır. Aramid elyafı cam ve karbon elyaflarıyla birlikte de kullanılabilir. Bu özelliklerinden dolayı uzun yıllardır savunma sanayisinde, otomotiv, denizcilik ve havacılık endüstrilerinde ve son yıllarda da eğlence ve spor sektörlerinde kullanılmaktadır.

Yukarıda sayılan ve yaygın kullanıma sahip takviye malzemeleri dışında bor, polyester ve naylon lifler de kullanılan diğer takviye malzemeleridir. Bor, takviye malzemesi olarak dayanım ve sağlamlık açısından oldukça üst seviyelerde olsa da, yüksek yoğunluğu ve maliyetli oluşu yüzünden fazla yaygınlaşmamaktadır. Termoplastik polyester ve naylonlar yeni yeni kullanılmaya başlanan takviyeler olsalar da, diğer takviye türlerine nazaran daha düşük sertlik ve termal özellikleri yaygın kullanımlarını engellemektedir [37].

4.1.3 Diğer ilave malzemeler

Kompozit malzemelerden yapılan parça ya da ürünler sadece matris ve takviye malzemesinin belirli oranlarda ve uygun şartlarda bir araya getirilmesiyle elde edilememektedir. Matris ve takviye malzemelerinin yanında birçok ilave malzemesi nihai üründen beklenen performans, kalite ve görselliği arttırması için matris ve takviye malzemelerine uygulamanın amacına yönelik şekilde ilave edilmektedir. Polimer matrisli kompozitlerde en çok kullanılan ilave malzemeleri dolgular,

katalizörler, inhibitörler, kalıp ayırıcılar, renklendiriciler ve diğer katkı malzemeleri olarak sıralanabilir.

Dolgu malzemeleri üretim maliyetlerini düşüren ve ürünün performansına olumlu katkıda bulunan malzemelerdir. Kompozitler için gerekli olabilecek alev kontrolü, çekme, duman yayma, ağırlık dağılımı gibi birçok özelliği bir arada sağlayabilen dolgu sistemleri bulunmaktadır. Ürünlerin teknik özelliklerini etkileyen tasarım, üretim ve maliyet açısından önemli malzemelerdir. Katalizörler ve hızlandırıcılar polimer kimyasından kaynaklanan reaksiyonları (özellikle kompozit yapıyı sertleştirmenin) hızlandırması için kullanılan ilavelerdir. Üretim açısından katalizör veya hızlandırıcı katılarak sürecin hızlandırılması sağlanabileceği gibi, bazı durumlarda inhibitör denilen ilaveler kullanılarak bu durumun tam tersi olarak reaksiyon hızları yavaşlatılabilmektedir. Nihai ürünün görselliği açısından oldukça önemli olan renk konusunda, matris malzemesine renklendirici katılarak üretim yapılabileceği gibi, bitmiş ürüne sonradan da boya operasyonu yapılabilmektedir. Kompozit malzemelerde sıklıkla kullanılan bir diğer ilave ise kalıp ayırıcılardır. Adından da anlaşılacağı gibi ürünlerin kalıptan sorunsuzca çıkartılabilmesi için gerekli ilave malzemelerdir.

İlave malzemeler kompozit malzemeyi bir anlamda geliştiren, sağladıkları faydayı bir üst mertebeye taşıyan ve kompozit üretimini kolaylaştırmak için kullanılan malzemelerdir. Bu ilaveler, malzeme maliyetine ek bir yük getirirler de, kazandırdıkları özelliklerden dolayı daha pahalı polimerler yerine ucuzlarının kullanılmasına ve verimliliğin artmasına olanak sağladıkları için üreticiler tarafından tercih edilmektedirler [37].

4.2 Polimer Matrisli Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

Polimer matrisli kompozit malzeme elde etmek için sadece uygun matris takviye ve ilave malzemeleri seçmek ve bu malzemelerin doğru yapılandırılmış olması yetmemektedir. Seçilen malzemeler ile son üründen beklenen özellikler ve ürünün formu arasındaki ilişkinin yanında uygun üretim metodunun seçimi de nihai ürünü etkilemektedir. Kompozit malzemelerde üretim yönteminin kullanılacak malzemelerle olan uyumu, geleneksel malzemelere nazaran daha fazla üzerinde durulması gereken bir konudur. Aksi takdirde, kompozit malzemelerin üstün olduğu

tasarım esnekliği, istenilen performans değerlerinin kontrolü gibi avantajlar yitirilecektir.

Aşamaları şekil 4.4’de görülen polimer matrisli kompozit üretimindeki önemli ve belirleyici adımlardan bir tanesi polimerizasyon, diğer bir adıyla sertleşme adımıdır. Polimerizasyondan önce matris ve takviye malzemeleri herhangi bir bağlanma olmaksızın bir arada bulunurken, matris yani polimer malzemenin sertleşmesinden sonra kimyasal bağlanmaların bir sonucu olarak matris malzemesi sıvı halden katı hale geçer. Bu kimyasal bağlanma sıcaklık ya da karışıma katalizör eklenerek hızlandırılabilir. Polimerizasyonun kilit parametreleri ısı, basınç ve zamandır. Polimer matrisli kompozitlerin üretiminde mikro yapısal olarak hedeflenen en temel konular fiber malzemenin iyi şekilde ıslatılması ve matris içinde doğru biçimde yapılandırılmış olmasıdır. Genel maliyetler, üretim hızı, üretilcek olan parçanın boyutu ve şekli de  retilimi etkileyen diğer önemli noktalar olarak sıralanabilir [10].

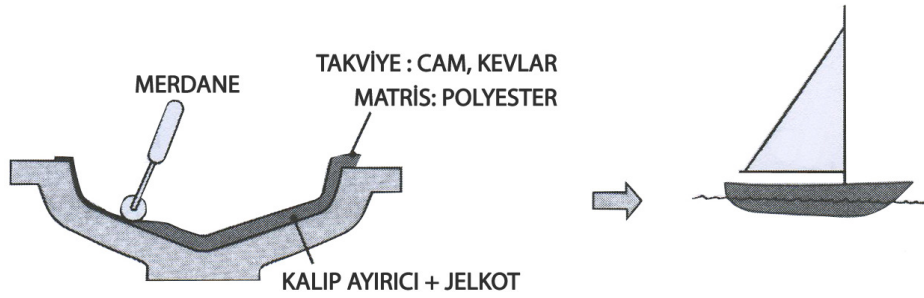
Polimer matrisli kompozitlerde elde edilmek istenen ürüne göre uygulanabilecek üretim yöntemleri oldukça çeşitlidir. Açık kalıplama yöntemleri en basit üretim yöntemleri arasında sıralanabilir. Bu yöntemler temel olarak, düşük viskoziteye sahip matris malzemesinin takviye malzeme katmanları tarafından emilmesi esasına dayanan yöntemler olup, açık kalıplama yöntemlerinin en basiti el yatırma yöntemidir.



şekil 4.4 : Polimer matrisli kompozitlerin üretim aşamaları [11].

4.2.1 El yatırma yöntemi

Kompozit üretiminde kullanılan en eski ve yaygın yöntemlerden biridir. Yoğun işçilik gerektirmesine rağmen daha çok üretim adetleri düşük, büyük parçaların üretimleri için tercih edilen bir yöntemdir. Kalıp malzemesi olarak da kompozit malzemeler tercih edilir. El yatırma yönteminde en sık kullanılan takviye malzemesi cam elyaf, en çok kullanılan matris malzemeleri ise epoksi ve polyesterdir. Yapılacak uygulamaya göre vinil ester ve fenolik reçineler ve farklı takviye malzemeleri de tercih edilmektedir. Genellikle keçe, dokuma, elyaf benzeri takviye katmanlarına, uygulamadan hemen önce hazırlanan katalizör ve matris malzemelerinin emdirilmesi ile kompozit yapılar elde edilir. Takviye malzemesi kalıba yatırılmadan önce kalıp temizlenir ve pigment katkılı jelkot malzemeler sürülür. Bu yöntemde oluşabilecek hava kabarcıkları Şekil 4.5’de görüldüğü şekilde bir baskı silindiri (merdane) yardımı ile yapıdan uzaklaştırılır.

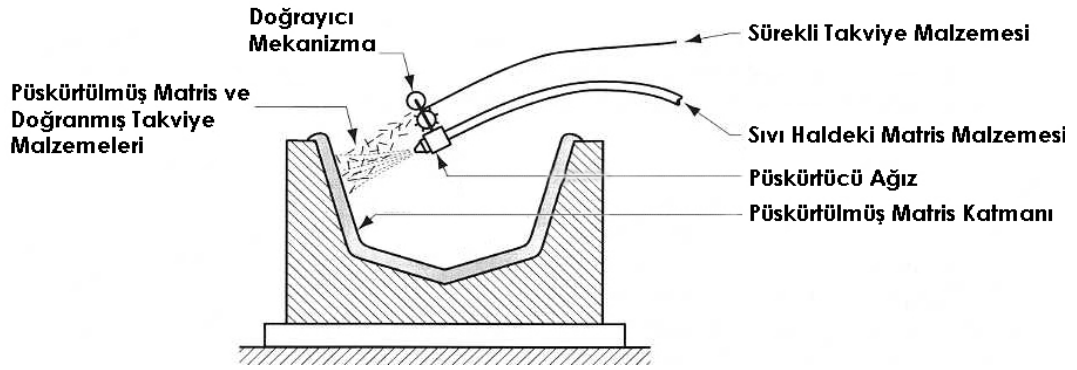


Şekil 4.5 : El yatırma yöntemi [11].

Elde edilmek istenen ürüne veya beklenen mekanik özelliklere göre takviye ve matris malzemeleri yukarıda anlatılan şekilde uygulanarak katmanlandırılır. Bu yöntem daha çok boyut olarak büyük parçaların üretiminde tercih edildiği için polimerizasyon genelde oda sıcaklığında gerçekleşir. Polimerizasyon sürecini hızlandırmak adına fırın, kızıl ötesi ısıtıcılar ya da hem sıcaklık hem de basıncın kontrol edilebildiği otoklav da kullanılabilir. Polimerizasyon sürecini hızlandırmak için katalizörler ilavesi yapılabilir. Bu yöntemin avantajları arasında üretim esnasında müdahale şansının olması, yatırım maliyetlerinin düşük olması, ürün tasarımında istenen şekilde belli bölgelerin mukavemetinin artırılabilmesi ve farklı renklerde dekoratif yüzey elde edilebilmesi sayılabilirken; elde edilen ürünlerin tek yüzünün düzgün oluşu, emek yoğun üretim ve işçi yeteneğine bağlı ürün kalitesi ve zehirli kimyasalların üretim esnasında ortaya çıkışı yöntemin belli başlı eksiklikleridir.

4.2.2 Püskürtme yöntemi

El yatırma yönteminin makineleşmiş şekli olan püskürtme yönteminde, süreci hızlandırmak adına sıvı haldeki matris ve kırılmış takviye malzemelerin bir tabanca yardımıyla Şekil 4.6'daki gibi açık kalıp yüzeyine püskürtülmesiyle, kompozit malzeme elde edilebilir. Takviye malzemesi tabanca üzerinde bulunan bağımsız bir kırıcı tarafından kırılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan takviye malzemeleri kırılmış olarak kullanıldığından, takviye doğrultuları yapılandırılmış (yönlenmiş) olmayacak, rastgele dağılmış olacaktır. Bu da istenen şekilde yapılandırılan (yönlendirilen) sürekli fiber takviyeli kompozitlere nazaran daha az bir takviye sağlayacaktır. Püskürtme yönteminde de üretim maliyetleri düşüktür ve karmaşık formdaki ürünler elde edilebilir.



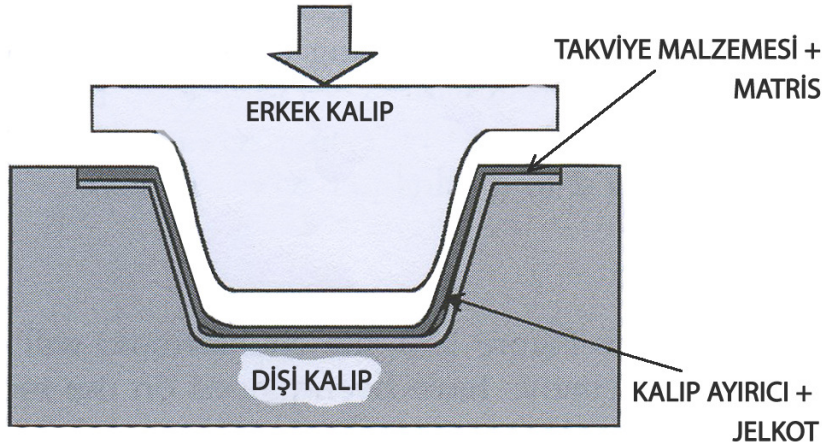
Şekil 4.6 : Püskürtme yöntemi [38].

Açık kalıpla kalıplama yöntemlerinde maliyetler genel olarak elde edilmek istenen ürünün şekline ve üretimde kullanılacak kalıba bağlıdır. Bu yöntemlerde genelde tek parça kalıp kullanıldığından, üretim maliyetleri diğer üretim yöntemlerine göre büyük avantaj sağlar. En büyük dezavantajlar, yöntemin emek-yoğun doğasından ve fiber malzemelerin iyi şekilde ıslatılmasında karşılaşılabilecek zorluklardan kaynaklanır [30].

Kapalı kalıpla üretim yöntemlerinde çok parçalı kalıplar kullanılır ve bu yüzden açık kalıpla üretim yöntemlerine nazaran daha maliyetli üretim yöntemleridir. Kapalı kalıpla üretim yöntemleri açık kalıpla üretim yöntemlerine göre maliyet açısından dezavantajlı olsalar da; kompozit parçanın yüzey kalitesi, hassas toleranslarla ve daha karmaşık biçimlerde ürün elde edilebilmesi ve üretim hızlarının yüksek olması açılarından açık kalıpla üretim yöntemlerine belirgin bir üstünlük sağlarlar.

4.2.3 Pres (basınçlı) kalıplama yöntemi

Pres kalıplama yöntemi genel olarak, matris emdirilmiş takviye malzemelerin kalıp boşluğuna yerleştirilmesi ve üzerine kapanan erkek kalıbın basınç ve ısı yardımı ile Şekil 4.7’de olduğu gibi kompozit malzemeye şekil vermesi esasına dayanır. Kalıp yüzeylerine jelkot ve kalıp ayırıcı tatbik edilerek, hem imal edilmek istenen parçanın yüzey kalitesi artırılır hem de parçanın kalıptan sorunsuz çıkabilmesi sağlanmış olur.



Şekil 4.7 : Pres (basınçlı) kalıplama yöntemi [11].

Pres kalıplamanın farklı çeşitleri mevcuttur. En yaygın kullanılan yöntem SMC yöntemidir. Otomotiv endüstrisinde fazlaca kullanılan bir yöntemidir. SMC yönteminde genellikle prepreg denilen, önceden matris emdirilmiş şerit ya da levha halindeki fiber malzemeler kullanılır. Prepregler, genellikle plastik film ya da elastik kâğıt tabakaları arasına yerleştirilmiş fiber ve matris malzemelerin, yeterli ıslatma ve sağlamlık için merdaneler arasında sıkıştırılması ve kısmi olarak ısıtılması sonucu elde edilen elastik yarı mamullerdir [37].

4.2.4 Transfer kalıplama yöntemi

Basınçla kalıplamaya benzeyen bu yöntemde malzeme karışımı kalıp dışında hazırlanır, bir ön ısıtmaya tabi tutularak basınç yardımıyla kalıp boşluğuna gönderilir ve ısı altında şekillendirilir. Transfer kalıplama daha çok basınçla kalıplanması zor olan küçük ve karışık geometriye sahip parçaların üretiminde kullanılmaktadır.

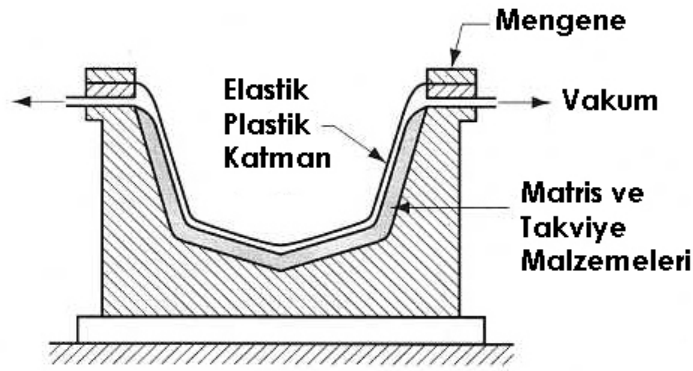
4.2.5 Soğuk kalıplama yöntemi

Bu yöntem oda sıcaklığında, pahalı olmayan kalıplarla, orta boyuttaki parçaların üretimi için ekonomik olan bir yöntemdir. Prepreg haldeki malzeme kalıplar arasına

yerleştirilir ve parça ısıtılmadan oda sıcaklığında katılaşır. Genellikle oda sıcaklığında hızlı soğuma sağlayan düşük viskoziteye sahip polyester malzemeler kullanılır. Yüksek kalıplama basınçları ve sıcaklıkları gerekli olmadığı için maliyet açısından avantaj sağlayan bir üretim metodudur.

4.2.6 Vakumla kalıplama yöntemi

Açık kalıplama yöntemlerinde olduğu gibi, prepreg ürüne şeklini verecek kalıbın üzerine konulur. Şekil 4.8'deki gibi vakumlama, kalıbın çevresine sabitlenmiş plastik bir elastik sızdırmazlık katmanını kullanılarak sağlanır. Bu plastik katmanın altına uygulanan vakum, parçanın atmosferik basınç yardımıyla şekillenmesini sağlar ve parça içinde kalabilecek hava kabarcıklarını uzaklaştırarak kalitesini artırır. Vakumla kalıplamada polimerizasyon, x ışınları, fırın ya da otoklav (ısı ve basınç birlikte) kullanılarak sağlanmaktadır.



Şekil 4.8 : Vakumla kalıplama yöntemi [38].

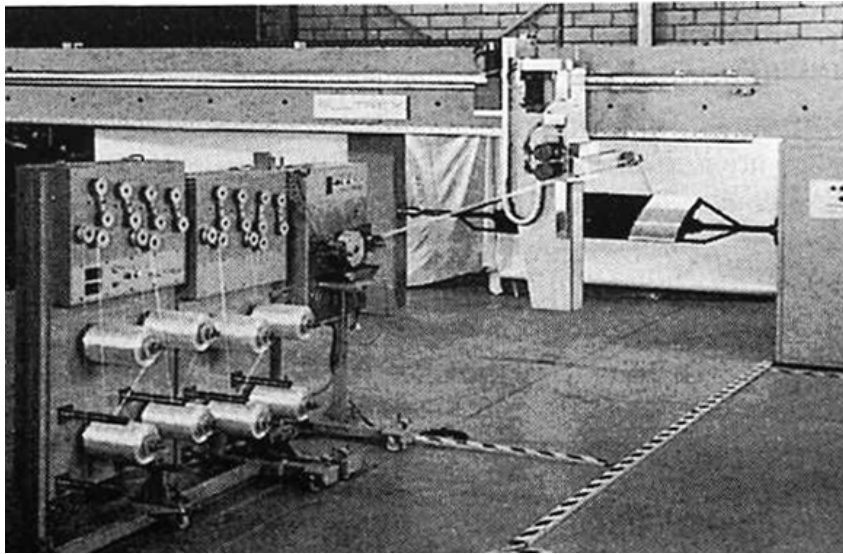
4.2.7 Otoklavda kalıplama yöntemi

Basıncılı kalıplama ve vakumla kalıplama her ne kadar görece hızlı ve kolay uygulanabilen üretim yöntemleri olsalar da, üretilen kompozit ürünlerin kaliteleri, boyut ve şekilleri açısından eksik kalmaktadır. Otoklav kalıplama bu iki üretim yöntemine hızlı bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Vakumla kalıplamaya benzeyen bu yöntemde, kompozit parça basıncı ayarlanabilen büyükçe bir bölmeye yerleştirilir. Basınç uygulanırken aynı anda ısı tatbikiyle matrisin polimerizasyonu sağlanmış olur. Isıtma genelde 2 kademe yapılır. Birinci kademe ısıtma matrisin viskozitesini düşürmek ve oluşan hava kabarcıklarını gidermek için yapılırken, ikinci kademe polimerizasyonun tamamlanması sağlanmış olur. Süre olarak uzun ve

pahalı bir yöntem olmasına rağmen büyük boyutlu parçaların üretimi için özellikle havacılıkta tercih edilmektedir.

4.2.8 Filament (helisel) sarma yöntemi

Filament sarma yöntemi otomasyona daha uygun bir yöntem olsa da üretilen ürünlerin şekilleri açısından oldukça sınırlı bir üretim yöntemidir. Takviye malzemeleri bir makine yardımı ile çekilerek demetler haline getirilirler. Oluşan bu demet, çekme işlemi sırasında eriyik halde bulunan matris banyosuna daldırılır. Matris banyosunda iyice ıslanan takviye demeti, Şekil 4.9'daki gibi üretilmek istenen parçanın şeklinde hazırlanmış dönen bir kalıba makine yardımı ile sardırılır. Bu yöntemdeki anahtar parametre fiber malzemedeki gerilim, sarma geometrisi ve matris malzemenin takviye malzemesini yeterli ıslatabilmesidir. Sürekli olan takviye malzemesinin farklı açılarda kalıba sardırılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Filament sarma yöntemi genellikle simetrik geometriye sahip, yüksek performanslı (yat direkleri, helikopter palleri, dairesel basınç tankları, araba şaftları... gibi) parçaların üretimi için tercih edilir.

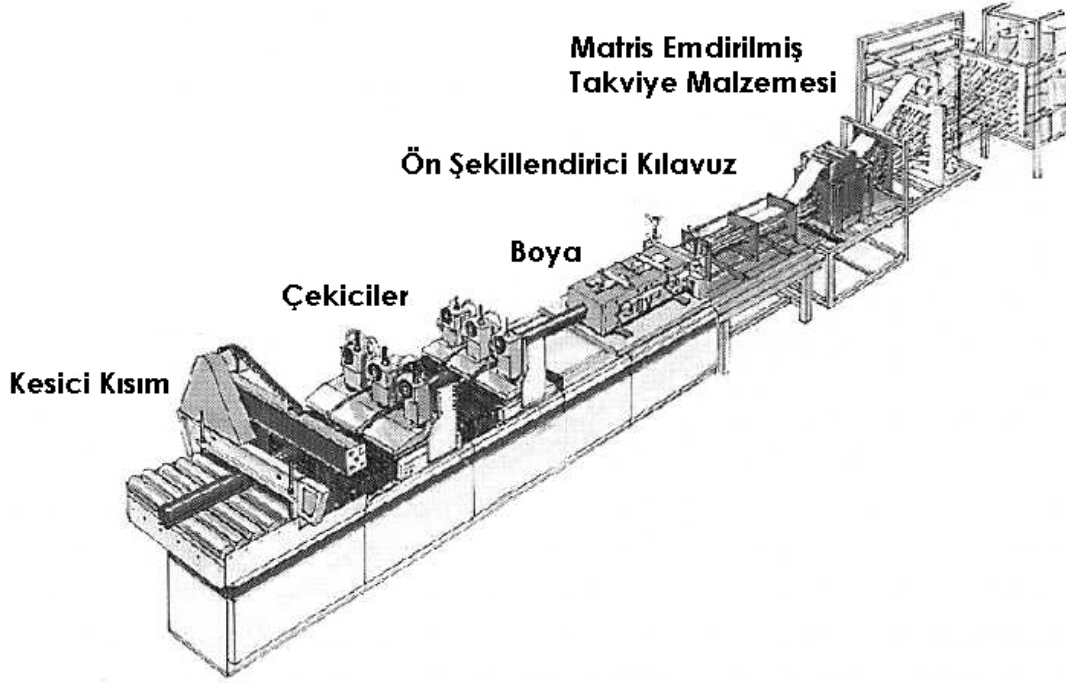


Şekil 4.9 : Filament (helisel) sarma yöntemi [12].

4.2.9 Pultruzyon (profil çekme) yöntemi

Şekil 4.10'da örneği bulunan pultruzyon makinesiyle üretim yöntemi takviye malzemelerinin matris dolu bir banyonun içinden çekilerek geçirilmesi açısından filament sarma yöntemine benzemektedir. Matris malzemesi emdirilen takviye demetleri boru şeklindeki ısıtılmış bir kalıptan geçirilerek şekillendirilir. Sürekli fiber

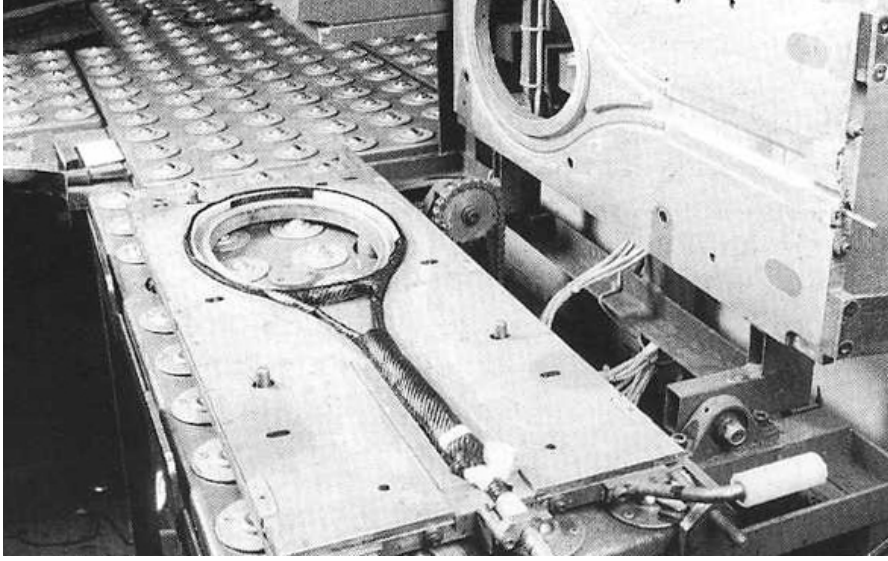
kullanıldığı için takviye yönünde çok yüksek mekanik mukavemet elde edilir. Takviye yönüne dik yükleri karşılayabilmek için özel dokumalar da kullanılmaktadır. Bu yöntemde bitmiş ürünlerden ziyade, konvansiyonel plastik ve metal ekstrüzyon yönteminde olduğu gibi yarı mamul üretilir.



Şekil 4.10 : Pultrüzyon yöntemi [38].

4.2.10 Matris enjeksiyon yöntemi

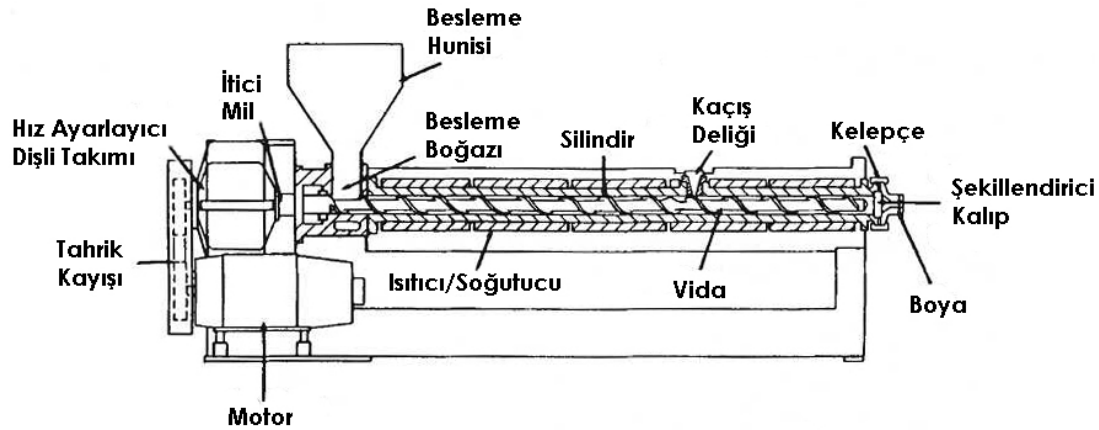
Takviye malzemesinin önceden kalıp boşluğuna yerleştirildiği, Şekil 4.11’de görülebilen ve düşük viskoziteye sahip matris malzemesinin kalıp boşluğuna enjekte edildiği bir üretim yöntemidir. Matris malzemesi yer çekimi yardımı veya görece düşük, harici basınç uygulanarak kalıba enjekte edilir. Takviye malzemelerinin daha iyi ıslatılabilmesi için bazı durumlarda matris malzemesi kalıbın içine bir ön enjeksiyonla basılabilir. Polimerizasyon ısı yardımı ile kalıbın içerisinde gerçekleştirilir. Hem ısıyı daha iyi ilettiklerinden hem de yüksek adetli üretimlere uygun olmalarından ötürü metal kalıplar tercih edilir.



Şekil 4.11 : Matris enjeksiyon yöntemiyle üretilen karbon fiber tenis raketi [12].

4.2.11 Enjeksiyon yöntemi

Kısa fiberli kompozitlerin üretiminde kullanılan bir yöntemdir. Plastik enjeksiyonunda olduğu ve Şekil 4.12’de görüldüğü üzere sürekli dönen bir sonsuz vida fiber ve matris malzemesini karıştırır. Bu dönme hareketi hem homojenliği sağlarken aynı zamanda hem de sürtünmeden dolayı karışımı ısıtmaktadır. Kısa fiberlerin matris içinde dağılmış olarak bulunduğu bu karışım kalıp boşluğuna basılarak istenen parça üretimi sağlanır. Takviye malzemelerinin yönelimi karışımın kalıba akış şekli ile kontrol edilebilir.



Şekil 4.12 : Enjeksiyon yöntemi [38].

4.2.12 Santrifüj yöntemi

Daha çok boru biçimli parçaların üretimi için uygun bir yöntemdir. Bu yöntem matris malzemesinin homojen bir dağılım göstermesini sağlarken ve üretilecek parçanın iç

kısımlarının yüzey kalitesi açısından da iyi sonuç verir. Üretim hızı parçanın çapına ve boyuna bağlı olarak, kalıp boyu ayarlanarak istenen ölçülerde parça üretmek mümkündür [5, 11, 28].

Üretim yöntemlerinde kullanılan matris malzemelerin karşılaştırılması, üretim yöntemlerinin birbirlerine göre farklılıkları ve ürün ile üretim yöntemi ilişkisinin daha rahat anlaşılabilmesi için sırasıyla Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'i incelemek faydalı olacaktır.

Çizelge 4.3 : Matris ve üretim yöntemi uyumluluk tablosu [37].

	Termosetler					Termoplastikler									
	Polyester reçine	Vinilester	Epoksi	Poliüretan	Fenolik	ABS	Akrilik	Naylon	Polikarbonat	Poliütilen	Polipropilen	Polistiren	PPS	PVC	Termoplastik polyester
El yatırması	•	•	•		•										
Püskürtme	•	•		•											
Pres kalıplama	•	•	•		•										
Takviyeli Termoplastik Levha kalıplama								•	•		•		•		
RRIM (Reinforced Reaction Injection Molding)			•	•				•							
RTM	•	•	•	•	•										
Pultrüzyon	•	•	•		•										
Elyaf sarma	•	•	•		•										
Otomatik Şerit Yerleştirme	•	•	•												
Santrifüj kalıplama	•	•	•												
Devamlı Levha	•	•					•								•
Ekstrüzyon	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Enjeksiyon kalıplama	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Rijitleştirilmiş TP levha	•					•	•		•		•			•	
Rotasyonel kalıplama	•	•								•	•			•	
Vakum kalıplama	•	•	•												
Basınçlı Torba Kalıplama	•	•	•												
Otoklav	•	•	•												

Çizelge 4.4 : Bazı üretim yöntemlerinin karakteristik özellikleri [10].

Üretim Yöntemi	Çıktı (Adet)	Çevrim Zamanı	Yatırım	İşçilik Maliyeti
El Yatırma	1 - 1000	30 dakika ila birkaç saat	Düşük	Yüksek
Püskürtme	1 - 1000	30 dakika ila birkaç saat	Düşük	Yüksek
Matris Enjeksiyon	200 - 10.000	30 dakika ila birkaç saat	Orta	Orta
Soğuk Kalıplama	500 - 20.000	5 ila 30 dakika	Orta - Yüksek	Orta
Sıcak Kalıplama (keçe ve ön şekillendirme)	Kitlesele Üretim	1 ila 10 dakika	Yüksek	Orta
Sıcak Kalıplama (preg)	Kitlesele Üretim	2 ila 5 dakika	Yüksek	Düşük
Yüksek Basınç Enjeksiyon	> 10.000	-	Yüksek	Düşük
Otoklav	< 5000	-	Orta	Orta
Filament Sarma	< 10.000	Parçaya göre değişken	Yüksek	Yüksek
Santrifüj Kalıplama		10 dakika ila birkaç saat	Yüksek	Düşük
Pulturuzyon	Sürekli	Sürekli	Yüksek	Düşük
Sürekli Emdirme	Sürekli	Sürekli	Yüksek	Düşük

Çizelge 4.5 : Parça boyutları, örnek kullanım alanları ve üretim yöntemleri [10].

Parça Boyutu, maksimum alan (m ²)	Kalınlık (mm)	Örnek Kullanım	Yüzey Pürüzsüzlüğü	Üretim Yöntemi
Neredeyse Sınırsız, < 300	Sınırsız, genellikle 2 - 10	Denizcilik	1	El yatırma
Neredeyse Sınırsız	Sınırsız, genellikle 2 - 10	Denizcilik	1	Püskürtme
15m ² 'ye kadar	1 - 10	Otomotiv Gövde Elemanı	2	Matris Enjeksiyon
15m ² 'ye kadar	3 - 10	Otomotiv Gövde Elemanı	2	Soğuk Kalıplama
5m ² 'ye kadar	1 - 16	Otomotiv Gövde Elemanı	2	Sıcak Kalıplama (keçe ve ön şekillendirme)
5m ² 'ye kadar	2 - 10	Otomotiv Gövde Elemanı	2	Sıcak Kalıplama (preg)
10m ² 'ye kadar		Elektrik & Elektronik Parçalar	2	Yüksek Basınç Enjeksiyon
30m ² 'ye kadar	3 - 15	Boru, Tüp	1	Santrifüj
20m ² 'ye kadar		Havacılık		Otoklav
5 cm - 25 metre arası özel ekipmanlar	1 - 10	Basınç Tankı	1	Filament Sarma
Limitli kesit	3 - 20	Profil	Tümü	Pulturuzyon
Limitli kesit	1 - 4	Çatı Malzemesi	2	Sürekli Emdirme

4.3 Polimer Matrisli Kompozitler ve Endüstri Ürünleri Tasarımı

Polimer matrisli kompozitlerin yapıları, bileşenleri ve üretim yöntemleri incelendikten sonra, ürün tasarımıyla ilişkisine ve diğer kompozitlere göre daha fazla ön plana çıkmasının nedenlerine bakmak yerinde olacaktır.

Kompozit malzemelerin tarihsel gelişiminde incelendiği üzere, kompozitlerin geçmişi çok eski yıllara dayanıyorsa da bugün kullanılan modern kompozitlerin, özellikle de polimer matrisli kompozitlerin ataları I. Dünya Savaşı sırasında havacılık alanındaki ihtiyacın, rekabetin ve yeni tasarım yaklaşımlarını geleneksel malzemelerle çözümleyemeyen mühendislerin uğraşlarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Savaşlar sonuçları acı da olsa maalesef insanlık var olduğundan beri gelişimin ve teknolojinin tetikleyicisi olmuştur. 1900'lerin başında savaşların göklere taşınmasıyla, o zamana değin savaş alanlarının vazgeçilmez malzemeleri olan metallerin yerine, mühendis ve tasarımcılar hafif ve dayanıklı malzeme arayışına yönelmiştir. Tarihsel olarak ortaya çıkışı ve gelişimi aynı dönemlere rastlayan polimerler, düşük yoğunlukları sebebiyle mühendislerin dikkatini çekmiş ve zayıf yönleri takviye edilerek güçlendirilmiştir. Bu şekilde kullanılmaya başlanan polimer matrisli kompozitler savaşlarda elde ettikleri başarıları kısa zaman sonra ticari olarak da tekrarlamışlardır. Bu durum göstermektedir ki, yeni malzemeler tasarımcılar için fırsat kapısı olabildiği gibi, yeni tasarım yaklaşımları da malzeme bilimini ileriye taşıyacak güce sahiptir.

Gerek malzeme teknolojilerindeki ilerlemeler, gerekse de ürün tasarımıdaki yeni arayışlar sebebiyle, geleneksel malzemeler yerine üstünlüklerini farklı alanlarda ispatlamış, yeni ve nitelikli malzemeler artan bir hızla ürün tasarımı alanında tercih edilmeye başlanmıştır. Bu anlamda ön plana çıkan kompozit malzemeler arasında polimer matrisli kompozitlerin, hangi sebeplerden ötürü ürün tasarımı daha fazla uygulama alanı bulduğuna bakmak önemlidir.

Polimer matrisli kompozitlerin seramik ve metal matrisli kompozitlere nazaran endüstri ürünleri tasarımı daha fazla kullanılmasının birkaç temel sebebi bulunmaktadır. İlk olarak geride bıraktığımız son yüzyıla bakıldığında polimer malzemelerin seramik ve metale oranla daha yeni bir malzeme olmasına rağmen göstermiş olduğu büyüme hızı dikkat çekicidir. Polimer malzemeler sahip oldukları

potansiyellerinden ötürü bugün dünya çapında yıllık 170 milyon tonu bulan tüketim ve 650 milyon \$ seviyelerinde parasal hacim değerlerine sahiptir ve 2010 yılı itibarı ile toplam polimer tüketiminin 250 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir [10, 31]. Polimer sektörüne kompozitler açısından bakılacak olursa, kompozit malzemelerin toplam polimer tüketimi içindeki payı oldukça düşüktür (ağırlıkça % 4-5). Kompozitler görece maliyetli olduklarından maddi açıdan bu değer % 12'lere kadar çıkıyorsa da, yine de genel polimer tüketimi içinde büyük bir pay sahibi olduğu söylenemez. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta yıllık büyüme oranlarında kompozitlerin % 4-7 ile polimer endüstrisindeki en büyük orana sahip olduğudur.

Polimerler alanındaki bu hızlı büyümenin sebeplerinden birkaçı şöyle özetlenebilir: Polimerler ergime sıcaklıkları düşük malzemelerdir ve dolayısıyla üretimleri esnasında harcanan enerji miktarı azdır. Polimer hammadde fiyatları da metal ve seramiklere göre daha ucuzdur. Bu iki ana nedenden ötürü üretim maliyetleri polimer malzemelerde diğer malzemelere ve diğer kompozit türlerine nazaran daha düşüktür.

Bunlara ek olarak polimerler kolay şekil verilebilen malzemelerdir. Üretim sıcaklıkları düşük olduğundan hızlıca soğuyup nihai şekillerine ulaşabilmekte ve bu özelliklerinden ötürü seri üretimle yüksek adetlerde üretilebilmektedirler. Çoğunlukla kalıp vasıtasıyla şekillendirilen polimerler, kolayca renklendirilebilmekte ve son kullanıcıyı cezp edecek birçok desen ve doku yine kalıp sayesinde ürüne kazandırılabilir.

Polimer alanındaki bu hızlı büyümeye paralel olarak, polimeri birincil bileşen olarak kullanan polimer matrisli kompozitlerin de kullanım alanları genişlemiştir. Özellikle ürün tasarımı alanında hafif olmalarının yanında sundukları yüksek mekanik özellikleri ve görsellikleriyle tasarımcıların tercih ettiği malzemeler arasına girmişlerdir. Metal ve seramik matrisli kompozitlerde de, önemli gelişimler olduysa da bu malzemeler yüksek maliyetleri ve üretim yöntemlerinin görece daha zor olmasından ötürü polimer matrisli kompozitler kadar ürün tasarımı alanında yaygınlaşamamıştır. Hammadde açısından polimerlere göre daha pahalı olan bu malzemelere, takviye malzemelerinin eklenmesiyle malzeme maliyetleri daha da artmaktadır. Ayrıca üretim için gerekli yüksek sıcaklık ve basınç değerleri, yüzey bitirme ve renklendirmedeki olumsuzluklar polimer matrisli kompozitler karşısındaki önemli dezavantajlarıdır. Bu sebeplerden ötürü seramik ve metal matrisli kompozitler, özellikle yüksek maliyetin performans karşısında göz ardı edilebileceği

alanlarda, daha çok mühendisler tarafından tercih edildiklerinden sanayi ekipmanları, makine parçaları (türbin motorları, fren diskleri... vb) gibi görsellikten çok işlevselliğin ön planda olduğu alanlarda karşımıza çıkmaktadır.

Polimer matrisli kompozitler, sağladıkları tasarım esnekliği, dekoratif özellikleri, renklendirilebilmeleri, üretim yöntemlerinin kolaylığı, deneysel çalışmaların atölye gibi ufak çaplı üretim alanlarında uygulanabilmesi, belli üretim yöntemlerinde prototip yapımının kolay oluşu ve özellikle metallere göre yarattıkları his bakımından daha sıcak olmalarından ötürü endüstri ürünleri tasarımcıları tarafından yaygın olarak tercih edilen kompozitlerdir.

5. TÜRKİYE’DE POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER VE ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI: DÖRT ÖRNEK FİRMA ÜZERİNE BİR İNCELEME

Çalışmanın Türkiye’ye odaklanan beşinci bölümünde, polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’de gelişimi ve kullanımı, bugün hangi noktada bulunduğu, ayrıntılarıyla ele alınacaktır. Dört örnek firma üzerinden yapılan saha araştırmasının yöntem ve örnekleme, veri değerlendirmesinin safhaları açıklanarak verilecektir. Veri değerlendirmesi bölümünde, polimer matrisli kompozitlerle çalışan farklı sektörlerden firma ve tasarımcılarla yapılan görüşmelerin sonucunda elde edilen veriler malzeme, tasarım, üretim, sektör ve geleceğe dair vizyon başlıkları altında toplanarak serimlenecektir. Verilerin tartışılması ve yorumlanmasına da yer verilerek çalışma zenginleştirilecektir.

5.1 Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Türkiye’de Gelişimi ve Kullanımı

İçinde bulunduğumuz teknolojik, çağdaş yaşam ortamı ve şartlar yeni ve nitelikli malzemelere duyulan ihtiyacın her gün artmasına sebep olmakta, bin yıllardır kullanıla gelen malzemelerin birçoğu hızla gelişen ve değişen koşullarda kullanıcı ve üreticilerin beklentilerini karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu durum daha üstün özelliklere sahip ileri malzemelerin gelişimini hızlandırmıştır.

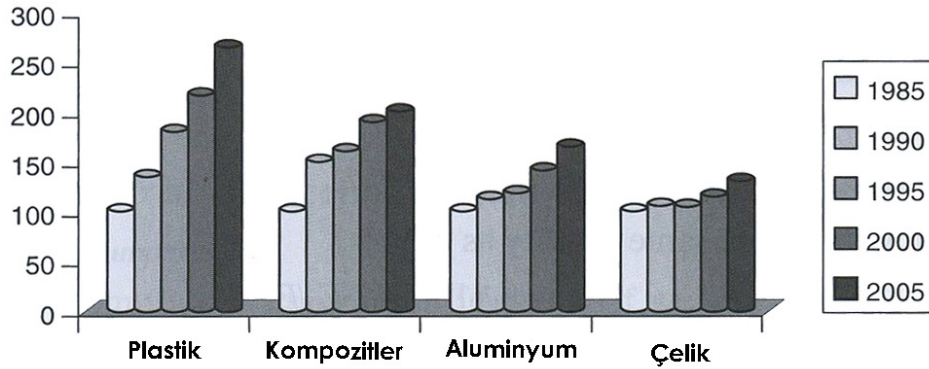
İleri malzemeler, 20. yüzyılın ikinci yarısında, dünya ekonomisine önemli ölçekte pazar payıyla giren ileri seramik, polimer, metal ve kompozitler olarak yüksek safiyette, yüksek teknik ve performans ve yüksek bilgi içeriğine sahip, bütünleşik işlev ve çeşitliliği olan yüksek katma değerli malzemeler olarak tanımlanabilir [39].

Polimer matrisli kompozitlerin önemli bir alt başlığını oluşturduğu ileri malzemeler sınıfına giren birçok ürünün tüketim değerleri hızla artış göstermiştir. Gelişmiş ülkelerde 1980’lerin başından itibaren 10 yıllık süreçte ileri malzemeler alanındaki gelişimler ortalama olarak % 15-40 arasında değişirken, geleneksel malzemelerdeki değişim % 2-4’lerle sınırlı kalmıştır [39]. Polimer matrisli kompozitler alanındaki değişime bakılacak olursa, benzer bir büyümenin bu alanda da kaydedildiği

görülmektedir. Çizelge 5.1’de de görüldüğü üzere 1985 – 2005 yılları arasındaki yirmi yıllık süreçte polimer matrisli kompozit tüketimi dünya çapında yaklaşık olarak %100’lük büyüme kaydetmiştir. Alüminyum ve çelik gibi geleneksel malzemelerin aynı dönemdeki tüketim oranları sırasıyla %65 ve %30’larda kalmıştır. Bu değerler, dünyadaki malzeme tüketimindeki durumu ve malzemelere olan yönelimleri açıkça göstermektedir [10].

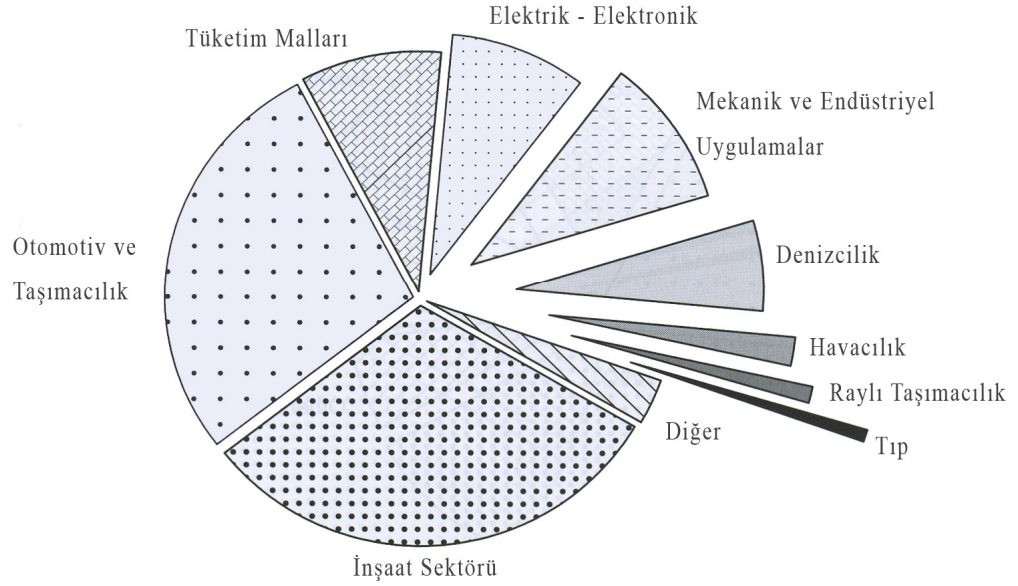
Çizelge 5.1 : 1985 – 2005 yılları arası bazı malzemelerin dünya çapında tüketim değerlerindeki gelişim – 1985 yılında taban 100 birim alınmıştır [10].

Yıl	Plastik	Polimer Kompozitler	Alüminyum	Çelik
1985	100	100	100	100
1990	135	150	112	107
1995	179	160	118	104
2000	216	190	141	115
2005	265	200	165	130



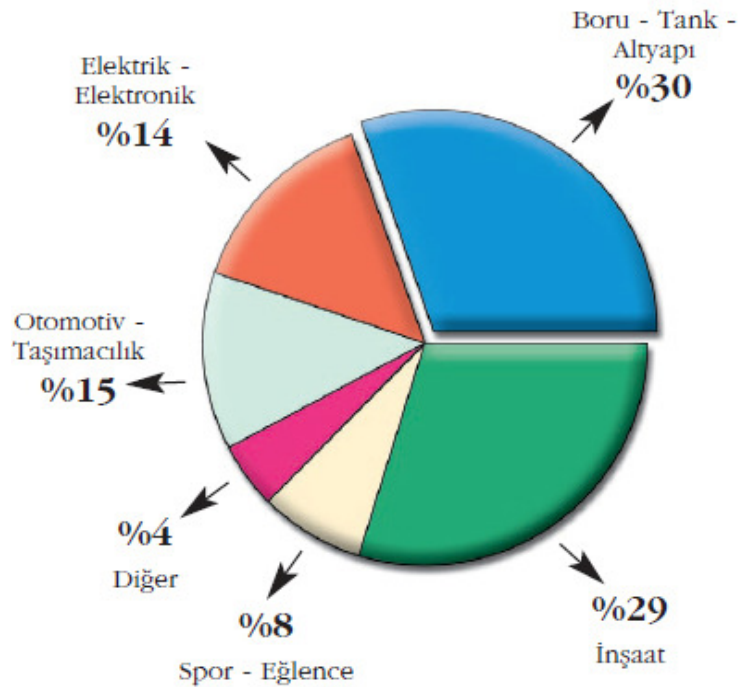
Polimer matrisli kompozitlerde bu artışın daha çok hangi sektörlerde ön plana çıktığı bir diğer önemli noktadır. Kullanıldığı sektörler açısından bakılacak olursa, Çizelge 5.2’de de görüldüğü üzere dünyada ilk üç sırayı inşaat sektörü, otomotiv-taşımacılık ve tüketim mallarının oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Dünyada polimer matrisli kompozitlerin kullanıldığı sektörlerin dağılımı [10].



Bu verilerden yola çıkarak daha önce geleneksel malzeme kullanımının egemen olduğu sektörlerde özellikle son 20 yıl içerisinde, polimer matrisli kompozitlerin geleneksel malzemelere kıyasla öne çıktığı hafiflik, korozyon dayanımı ve yüksek mekanik özellikleri sebebiyle, daha fazla tercih edildiği söylenebilir.

Çizelge 5.3 : Cam takviyeli plastiklerin 2003 yılında Türkiye’deki sektörlerde göre dağılımı [37].



Türkiye’deki durumu anlayabilmek için ise öncelikle Türkiye koşullarına kısaca göz atmak gerekmektedir. Türkiye sanayileşme tarihinde dönem dönem görülen değişimler uluslar arası tekno-ekonomik gelişmeleri izlemiş, özellikle 1980 sonrası süreçte yeni bir yapısal değişim sürecine gidilmiştir. Türkiye’deki imalat sektörüne bakıldığında 1995 – 1999 yılları arasında stratejik öneme sahip olan alanların tekstil-giyim, gıda-içki-tütün ve metal sanayisi olduğu görülmektedir [39]. Gelişmiş ülkelerde ilk sıralarda yer alan taşıma araçları, makine ve elektrik-elektronik gibi alanlar Çizelge 5.3’de de görüleceği gibi Türkiye için daha alt sıralarda kalmaktadır. İleri malzemeler, dolayısıyla da polimer matrisli kompozitlerin daha çok bu alanlarda kendilerine yer bulduğu düşünüldüğünde, Türkiye’nin o dönemde kompozit malzemelerin kullanımı anlamında dünya ortalamasının gerisinde kalmış olması şaşırtıcı değildir.

Polimer matrisli kompozitler Türkiye’de ilk olarak emek-yoğun el yatırması yönteminde kullanılmış, başlarda su tankları, küçük sandal ve tekneler üretilmiştir. Polimer matriksli kompozitlerde ilk makineleşme püskürtme yöntemiyle olmuş ancak yöntemin işçilik maliyetlerini azalttığı üreticiler tarafından görülse de, tekne üreticileri haricinde yaygınlaşması zaman almıştır. Makineleşmiş üretimde diğer denemeler elyaf sarma makineleriyle yapılan silindirik tanklar, borular ve aydınlatma elemanları olmuştur. Türkiye’de polimer matrisli kompozitlerin yaygınlaşması 70’li yılların başında Cam Elyaf Sanayi A.Ş.’nin kurulmasıyla başlamıştır. Takviye malzemesi olarak kullanılan camın tül, keçe ve fitil olarak üretilmesiyle özellikle Türkiye için ayrı bir öneme sahip olan, Şekil 5.1’de de gazete ilanı bulunan Anadolu otomobillerinin gövde parçaları üretilmeye başlanmıştır.



Şekil 5.1 : Otosan Otomobil A.Ş.’nin gazete reklamı

80'lere gelindiğinde ürün çeşitliliği artmış ve cam takviyeli polimer matrisli kompozitler Tofaş otomobillerinin tamponlarında kullanılarak bir kez daha otomotiv sektöründe yer almışlardır [40]. Türkiye'deki bu öncü çalışmalar devlet ve birçok kurum tarafından desteklenmiş, 90'lardan sonra özellikle polimer matrisli kompozitlerle çalışan küçük ve orta ölçekli firmaların arttığı görülmüştür. 2000'lere gelirken polimer matrisli kompozitlerin yıllık büyüme oranları %10'u bulmuştur. Bu değerler Avrupa'daki büyüme oranlarını geçmiş olsa da, kullanım açısından halen gelişmiş ülkelerin gerisinde kalmıştır. 2005 yılı itibariyle 650'den fazla firmadan oluşan bu sektörde halen el yatırması en yaygın kullanılan yöntemdir. Ancak son 10 yılda yapılan sermaye yoğun yatırımlar ve hammadde üreticilerinin yurt içinde artmış olması umut vericidir [41].

Türkiye'de cam dışındaki farklı takviye malzemelerinin yurtdışından temin edilebilmesi sebebiyle takviye malzemesi olarak uzun yıllar çoğunlukla cam kullanılmışsa da, son yıllarda yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonrasında AKSA firması dünyanın yedince karbon fiber üretim tesisini hayata geçirmiş olması bu duruma güzel bir örnektir.

2008 yılı itibariyle Türkiye'deki kompozit sektöründeki büyüme Avrupa ve dünya pazarının üzerindedir. Dünya genelinde %3,7 ve Avrupa genelinde de % 1,3 seviyelerinde olan büyüme değerleri, Türkiye'de % 9 oranlarındadır. Kompozit sektörünün büyüklüğü toplamda 7,3 milyon tonu ve 43,5 milyar Euro'yu bulmaktadır. Bugün Türkiye'deki hacmi 120 bin tonu bulan kompozit malzemelerin alt yapı başta olmak üzere ağırlıklı olarak inşaat, otomotiv ve taşımacılık, denizcilik, elektrik ve elektronik gibi sektörlerde kullanıldığını görmekteyiz [42].

Gündelik yaşamda teknolojik ürünlerin çoğalması ve bu tarz ürünlere olan yoğun talep son yıllarda dünyada olduğu kadar ülkemizde de giderek artmıştır. Ancak Türkiye'de teknolojik katma değerli ürünlere olan talebini karşılayabilecek üretim yeteneği maalesef eksik kalmaktadır. Bundan ötürü ihracat için yapılan harcamalar artmakta, Türkiye küreselleşmenin getirdiği rekabet ortamında katma değeri yüksek yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi açısından diğer ülkelerin gerisinde kalmaktadır [43].

Polimer matrisli kompozitlerinde içinde bulunduğu ileri malzemeler grubunda başarı, yoğun Ar-Ge çalışmaları sonucunda elde edilebilmektedir. Türkiye'nin katma değeri

yüksek ürünlerin üretimi konusunda en büyük eksikliği imalat sektöründe Ar-Ge yapan firmaların sayısının az olmasıdır. Bu alandaki firmaların daha çok teknik personel bulundurması, araştırma ve geleceğe dönük stratejiler belirleyebilecek yüksek öğrenim mezunu kişilerin istihdam edilememesi en temel sebepler olarak ortaya konmuştur. Ayrıca Türkiye’deki genel Ar-Ge anlayışı, teknik imkânlar ve üniversite-sanayi işbirliğinin yetersizliği de diğer etkenler olarak arasındadır [39].

Kompozit malzemeler ile ilgili eğitim ve bilginin yaygınlaşması da Türkiye’de yeni yeni hareketlenen bir konudur. Dünya’da sayıları her geçen gün artan fuar, seminer, sergi ve atölye çalışmaları üreticiler, mühendisler, iş adamları, girişimciler, profesyoneller, öğrenciler ve tasarımcıları bir araya getirmektedir. Sadece 2009 yılında kompozit malzemeler ile ilgili altmıştan fazla bu tarz organizasyon planlanmıştır. Türkiye’de ise bu tarz organizasyonların benzerlerinin ilkinde 2006 yılında rastlanmaktadır. Ulusal katılımı olan “I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi”ni 2007 yılında düzenlenen “Kompozit Ürünler ve Hammaddeleri Fuarı” takip etmiştir. 2008 yılı ise üç ayrı organizasyonun gerçekleştirildiği, bu konudaki bilincin giderek yaygınlaştığını gösteren bir yıl olmuştur. Mart ayında İstanbul’da “Kompozit Ürünleri Fuarı”, Kasım ayında yine İstanbul’da “KOMPOIST 08” ve İzmir’deki “Uluslar arası Katılımlı Polimerik Kompozitler Sempozyumu – Sergi ve Çalıştayları” 2008 yılındaki etkinliklerdir. 2009 yılının aralık ayında da “KOMPOIST 09” fuarı düzenlenecektir. Bu etkinliklerin yanında 2005 yılında kurulan “CTP Sanayicileri Derneği”, “Kompozit” dergisi gibi oluşumlar ve üniversitelerle yapılan işbirlikleri de polimer matrisli kompozitlerin geleceği açısından atılan olumlu adımlardır [44].

Gelecekte Ar-Ge, ürün geliştirme ve tasarım gibi yetkinliklerin müşteri ilişkileriyle etkileşimde olduğu süreçler daha da önem kazanacaktır. Buna bağlı olarak daha hızlı, daha verimli ve düşük maliyette ürün geliştirme ve pazara sunma yetisi hedeflenmelidir. Bu alanda dünya ile rekabet gücünün arttırılabilmesi için Türkiye’de polimer matrisli kompozitler alanında yukarıda bahsedilen özellikleri benimsemiş firmaların çoğalması gerekliliği açıktır. Büyüme oranları umut vaat edici olan polimer matrisli kompozitler sektöründe yarı mamul ve parça üretimine ek olarak, bütünleşmiş sistemler, uygulamalar ve katma değeri yüksek ürünlere geçilmesi Türkiye’yi bu alanda söz sahibi ülkeler arasına sokacaktır. TÜBİTAK’ın hazırlamış olduğu “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023

Stratejileri”nde de bahsedildiği üzere; kompozit malzemelerin uygulamalarında tasarım yeteneğinin yaygınlaştırılması ve etkinleştirilmesi hususu dikkate alındığında, bu alanda daha fazla tasarım profesyoneli istihdam edilmesi ve sayıları artan fuar ve sempozyum gibi organizasyonlarda polimer matrisli kompozitlerin tasarım ile olan ilişkisine daha fazla yer verilmesi özellikle içinde bulunduğumuz bu yıllarda hayati önem kazanmaktadır [3].

5.2 Saha Araştırması

Kavramsal ve kuramsal bilgilerin derlendiği bu tez çalışmasını Türkiye’de dört örnek firma üzerinden yürütülmüş olan böyle bir saha araştırması üzerine kurmak çalışmayı uluslar arası kaynaklardan derlenmiş bir teorik çalışma olmaktan kurtaracak ve çalışmayı Türkiye için anlamlı ve özgün kılacaktır.

5.2.1 Araştırma yöntemi ve örneklem

Bu tez çalışmasının betimleyici ve tanımlayıcı bir araştırma olması hedeflenmiş, çalışmanın amaçları ve yapısı doğrultusunda niteliksel araştırma yöntemlerine başvurulmuştur. Araştırma Türkiye’de polimer matrisli kompozitler ve endüstri ürünleri tasarımı gibi incelenmemiş bir konuya odaklandığından öncelik temel tanımlamaların yapılmasına, konunun farklı boyutları ve dinamikleriyle kavranmasına verilmiştir. Bu amaçla çalışmada malzemenin tanımını yapmak, kompozit malzemeleri anlatmak ve polimer matrisli kompozitleri farklı boyutlarıyla ortaya koymak kaçınılmaz hale gelmişti. Geniş çaplı, anket temelli araştırmaların bu tür betimleyici çalışmaları takip edebileceği ve sonuçların daha geniş bir örneklem üzerinden doğrulanabileceğini düşünüldüğünde, bu çalışmanın giriş düzeyinde bir çalışma olduğunu ve farklı çalışmalarla beslenmesi gerektiğini söylemek yanlış olmaz [45].

Saha çalışmasında örneklemin belirlenmesi yöntemin önemli bir safhasını teşkil etmiştir. Çalışmada niteliksel yöntemlere başvurulacağı göz önüne alınarak örneklem belli bir sayının altında tutulmuştur. Çok sayıda vaka üzerinden giderek genellemeler ve geniş tanımlamalar yapmak yerine, az sayıda vaka üzerinden derin, kavrayıcı ve anlamaya yönelik tanımlamalar yapmak tercih edilmiştir. Görüşme yapılacak firmaların belirlenmesinde önemli bir etken, ortaya çıkacak bilginin daha geniş perspektifli olabilmesi için, firmaların farklı sektörlerden seçilmesidir. Görüşmeler

için ilk aşamada 5 farklı firma ile temasa geçildiyse de, süreç içerisinde firmalardan biri, firma bilgilerinin gizli tutulması gerekçesiyle görüşme talebini reddetmiştir. Dolayısıyla saha araştırması 4 firmayla sınırlı kalmıştır.

Çalışmada benimsenen temel yöntem yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşme yöntemidir. Bu yöntemin seçilme sebebi görüşme sırasında tartışma ve fikir paylaşımını tetiklemesi ve görüşülen kişiden gelen cevaplara göre görüşmenin yönlendirilebilmesidir. Bu sayede görüşmelere önceden tahmin edilemeyen konular da dâhil edilebilmektedir. Çalışmada 4 örnek firmadan tasarımcı ve firma yöneticileriyle görüşülmüştür. Dört görüşmeden ikisi tasarım formasyonundan gelen kişilerle yapılırken, diğer ikisi firma sahibi ve yönetici pozisyonundaki kişilerle yapılmıştır. Görüşmeler ortalama 2 saat sürmüş, görüşülen kişilerin onayıyla görüşmelerin ses kaydı alınmıştır.

Çalışmanın kuramsal çerçevesine atıfla görüşmenin odaklanacağı başlık ve alt başlıklar belirlenmiştir. Görüşmeler yapıldıktan sonra veri değerlendirmesinin ilk aşaması olarak ses kayıtlarının çözümlemeleri yapılmış, her çözümleme daha önceden belirlenen başlıklar doğrultusunda işlenmiştir. Veri değerlendirmesinin aşamaları Çizelge 5.4’de verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi tamamlandıktan sonra yorum ve tartışmalar eklenerek araştırmaya dair sonuç niteliğinde saptamalar yapılmış, bu doğrultuda geleceğe dair öneriler çizilmeye çalışılmıştır.

Çizelge 5.4 : Veri değerlendirme aşamaları

Aşamalar	Tanımlar
Kayıt Çözümleme	Ses kaydına alınan görüşmeler, cümle cümle çözümlenmiştir.
Gruplama	Çözümlemeler belirlenen başlık ve alt başlıklara uygun anahtar kelimelere göre taranmış ve başlıklara göre gruplanmıştır.
İndirgeme	Görüşmeler başlıklar doğrultusunda tez metnine yerleştirilecek şekilde yer yer kısaltılmış, önemli kısımlar aynen alıntılanacak şekilde işaretlenmiştir.
Karşılaştırma	Bütün görüşmeler birbirleriyle karşılaştırılarak benzerlikler, farklılıklar ve tekrar eden unsurlar belirlenmiştir.

5.2.2 Örnek firmalara dair temel bilgiler

Seçilen firmalara dair kuruluş yılı, firma yapısı, çalışan sayısı, tasarımcı ya da malzeme alanında uzman bir kişi istihdam edilip edilmediği, ortalama üretim adetleri, ürün gamları ve bu ürünlerin hangi pazarlara satıldığı gibi temel bilgilerin verilmesi firmalara dair nesnel bir bilginin oluşturulabilmesi, firmaların içinde bulundukları sektörün kavranması, firma profilinin çizilmesi ve firmalar arası kıyaslamaların verimli şekilde yapılabilmesi açısından yerinde olacaktır.

Ayrıca, bu bölümde görüşmelerin kimlerle yapıldığına da değinilmiştir. Görüşme yapılan kişilerin aldıkları eğitim, mezun oldukları okullar, firmadaki pozisyonları ve geçmiş deneyimleri ortaya konarak, soruları hangi perspektiften cevapladıkları açıklığa kavuşturulmaya çalışılmıştır.

5.2.2.1 Yılmaz Zenger

1958 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesinden mezun olan Yılmaz Zenger, 1957-1959 yılları arasında çalıştığı belediyedeki işini bırakıp asistanlığa başlamış, çalışmalarına Londra’da devam ettikten sonra 1965’te İTÜ Mimarlık Fakültesi Foto Film Merkezi Başkanlığı’na atanmıştır. Üniversitelerde çeşitli dersler, konferanslar veren ve atölye çalışmaları bulunan Zenger Şekil 5.2, 5.12 ve 5.13’de de örnekleri bulunan yüzlerce resim, heykel, fotoğraf, obje ve özgün ürün tasarımlarına imza atmıştır.



Şekil 5.2 : Yılmaz Zenger'in atölyesi.

1964’de şahıs olarak başladığı çalışmalarına 1971 yılında kurduğu firması altında devam etmiştir. Firma sahibi olan Zenger aynı zamanda firmanın tek tasarımcısıdır ve mobilyalar, çocuklar için mobilyalar, heykelsi mobilyalar, heykeller, dekoratif objeler ve aydınlatmalar gibi çok çeşitli çalışmalara imza atmıştır. Firma daha çok proje temelli çalıştığından ve seri üretim mantığında ürünler yapmadığından üretim adetleri oldukça değişkendir ve verilecek rakamlar yanıltıcı olacaktır. Üretilen ürünlerin % 90’ını kompozit malzemelerden üretilirken, firma ağırlıklı olarak yaptığı çalışmalarda yurtiçiyle çalışmaktadır.

5.2.2.2 LTG Composite

2000 yılında kurulan LTG Composite firması 9 yıldır ileri kompozit parça üretimi yapan, motor sporlarına lisanslı parça verebilen dünya üzerindeki 3-4 firmadan bir tanesidir. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi firma motor sporlarına yönelik ayna, depo kaplaması, tavan havalandırması, motor kaputu gibi otomobil parçaların yanında tekne için ürünler ve makine parçaları da üretmektedir.

2008’de başlayan ekonomik kriz sebebiyle 15 kişilik çalışma kadrosunu, 5 kişiye düşürmek zorunda kalan firmanın bünyesinde tasarım ya da malzeme alanında eğitim almış bir kişi çalışmamaktadır. Ancak firma tasarım konusunda proje bazlı olarak üniversitelerin endüstri ürünleri tasarımcılarından destek almaktadır.



Şekil 5.3 : LTG Composite’in atölyesi.

Firmanın üretim adetleri değişkenlik göstermekle birlikte otomobil aynalarından ayda ortalama 100 adet ve yarış koltuklarından ayda 200 adet üretebilmektedir. Firma Citro n, Fiat, Subaru ve Mitsubishi gibi büyük otomobil firmalarının motor sporları bölümleriyle ortak 14 ay gibi uzun süreli projelere de imza atmaktadır. LTG Composite ciro bazında ürettikleri ürünlerin % 40'ını oluşturan kompozit malzemelerden yapılmış ürünlerin % 80'ini ihraç etmektedir.

Görüşme LTG Composite firmasının sahibi olan Levent G r ile yapılmıştır. Levent Bey Birmingham  niversitesi'nde otel ve catering üzerine eēitim aldıktan sonra Boston  niversite'sinde işletme ve finans bölümünden mezun olmuş, MIT'de de (Massachusetts Institute of Technology) uzay ve uçak fakültesinde 2 yıllık eēitim görmüştür. 15 yaşından beri motor sporlarının için de yer alan Levent Bey profesyonel olarak ralli pilotluēu ve co-pilotluēu yapmıştır.

5.2.2.3 SAFTER MOBO KAB N

Safter Mobo Kabin firması 1996 yılında kurulmuştur. Cam Elyaf Sanayi A.ř.'den kabin üretimi patentini alan firma güvenlik kabinleri, zırhlı kabinler, ATM kabinleri, şehir mobilyaları, şekil 5.4 ve 5.7'de de g r ld ēu üzere farklı boylarda sandal ve motor botların üretimini kendi bünyesinde gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda su depoları ve   p kabinleri gibi polimer matrisli kompozitten üretilmiş ürünlerin satışını da yapan firma CTP sanayicileri derneēinin (CTP SANDER) bir üyesidir.

Firma yapı olarak Ar-Ge, satın alma, satış, üretim ve pazarlama bölümleri ve farklı şehirlerdeki şubeleri bünyesinde barındıran, toplamda 70 kişilik bir ekipten oluşmaktadır. Firmada kabin ve tekne tasarımlarını yapan bir adet tasarımcı bulunurken, firma bünyesinde malzeme alanında uzman bir kişi çalışmamaktadır.

Farklı boylardaki kabinlerden ayda ortalama olarak 300 ve üzerinde üretim yapabilen firma, üretimlerinin %50'sini yurtdışında Romanya, Ukrayna, Bulgaristan ve Yunanistan'a satmaktadır. Tekne  retimi konusunda 6-7 yıllık bir geçmişe sahip olmasına raēmen yılda 750'ye yakın tekne parçası üretebilen Safter Mobo tekne üretimlerinin de %15'ini yurtdışına ihraç etmektedir.  r n gamının tamamını kompozit malzemedен üretilen ürünler oluşturmaktadır.



Şekil 5.4 : SAFTER MOBO'nun fabrikası

Safter Mobo Firmasından Doktor Jeomorfolog Yusuf Şehitoğlu ile görüşme yapılmıştır. Yüksek mühendis olan Yusuf Bey, Atatürk Barajı ve İstanbul Metrosu'nda şantiye şefliği yaptıktan sonra 1994-1998 seneleri arasında akademisyen olarak çalışmış, 2000 yılında Safter Mobo firmasıyla çalışmaya başlamıştır ve halen firmada işletme müdürü olarak çalışmasını sürdürmektedir.

5.2.2.4 GAEAForms

2003 yılında İzmir'de kurulan Gövsa Kompozit firması, 2007 yılında GAEAForms adını almış ve üç kişi olarak başladığı hayatına şuan 27 çalışanıyla devam etmektedir. Gövsa Kompozit olarak yurtiçi ve yurtdışına motosiklet kaskları, buz hokeyi sopaları, güneş panelli yarış arabası, mobilyalar, aydınlatmalar, endüstriyel buzdolabı, medikal yataklar ve tekne için ürünler üreten firma şuan GAEAForms markasıyla sadece kendi ürünlerini üretmektedir.

Şekil 5.5 ve 5.6'da atölye alanları görülen firmanın bünyesinde ürün geliştirme alanında 3 tasarımcı çalışmaktadır. Malzeme konusunda eğitim almış bir kişinin çalışmadığı firmada, üretilen ürünlerin % 15'lik bir kısmını kompozit malzemeler oluşturmaktadır. Yurtiçi ve yurtdışına satış yapan firma kendi markası için üretim yaptığından seri üretim mantığında çalışmamakta olup gelen siparişlere göre değişken üretim adetleriyle üretim yapmaktadır.



Şekil 5.5 : GAEAFORMS'un atölyesi

Görüşme, firma sahibi olan ve firmanın ürünlerini tasarlayan Tuğrul Gövsa ile yapılmıştır. Tuğrul Bey İngiltere’de Coventry Üniversitesi Ulaşım Araçları Tasarımı Bölümü’nden 99 yılında mezun olduktan sonra iki yıl kadar tersanede tekne üretiminde çalıştıktan sonra kendi firmasını kurmuştur.

5.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Saha çalışması sonrasında dökümleri yapılan görüşmeler veri değerlendirmesi için tek tek ele alınmış, belirlenen başlık ve alt başlıklara uygun anahtar kelimelere göre taranmış ve başlıklara göre gruplanmıştır. Bütün görüşmeler birbirleriyle karşılaştırılarak benzerlikler ve farklılıklar saptanmıştır. Veri değerlendirmesi bölümünde görüşmelerden elde edilen bulgular malzeme, üretim, tasarım, sektör ve gelecek başlıkları altında ortaya konacak ve değerlendirilecektir.

5.3.1 Malzemeye dair

Bir tasarım fikrini elle tutulur bir ürün haline dönüştüren şeylerden biri de malzemedir. Dolayısıyla malzeme konusunun endüstri ürünleri tasarımı alanında ne denli önemli olduğuna çalışmanın çeşitli bölümlerinde değinilmiş, bu iki alanın birbirlerini belirleyen ve dönüştüren, yenilik ve gelişim anlamında birbirlerini tetikleyen alanlar olduğu vurgulanmıştır. Buna bağlı olarak, görüşmelerde

tasarımcılara ve firma sahiplerine yöneltilen sorular malzeme ve ürün tasarımı ilişkisi ekseninde şekillendirilmiştir. Görüşmelerde malzeme genel çerçevesi içerisinde tasarımcıların malzeme bilgisi, malzeme seçimi, polimer matrisli kompozitlerle tanışıklıkları, yeni malzemelere dair kişisel ve firma vizyonları ele alınmış ve Türkiye’de malzeme ve ürün tasarımına dair genel fikir ve deneyimleri sorulmuştur.

Görüşmelere en genel soru sayılabilecek olan malzemenin endüstri ürünleri tasarımındaki önemiyle başlanmıştır. Tasarım ve malzemeyle geçmişi uzun yıllara dayanan Yılmaz Zenger’e ürün tasarımında malzemenin rolü sorulduğunda, malzemenin kendisi için öneminin “olması gerektiği kadar”, yani oldukça önemli olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca sektörde tasarım alanındaki birçok kişinin sadece biçimlerin peşine düşüp malzemeye yeterli ağırlığı vermediklerini dile getirmiştir. LTG Composite’den Levent Gür de, elle tutulur bir ürün ortaya çıkarabilmek için malzemenin asli olduğuna dikkat çekmiştir. Tuğrul Gövsa, özellikle kompozit malzemeyi tasarımın ilk aşamasında ele aldıklarını belirterek, tasarım sürecindeki öneminin altını çizmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda, tasarımcılar ve firma sahipleri tarafından malzemenin öneminin kavrandığı açıktır.

Malzemenin ürün tasarımındaki önemi düşünüldüğünde bakılması gereken bir başka nokta da malzeme bilgisinin ne şekilde edinildiğidir. Yapılan görüşmelerden malzeme konusundaki bilgilerin farklı kaynaklardan edinildiği sonucuna varılmıştır. Tasarım eğitimini yurt dışında almış biri olarak Tuğrul Gövsa, üretim teknolojileri ve malzeme gibi mühendislik derslerini 4 yıl boyunca, haftada ikişer gün görmesinin aldığı eğitimin önemli bir parçası olduğunu belirtmiş; bir tasarımcının doğru sonucu elde edebilmesi için bütün donanımlara sahip olması gerektiğine değinmiştir. Tuğrul Bey, aldığı eğitimin kendisi için önemli bir temel teşkil ettiğini ve polimer matrisli kompozitlerle çalışmasında önemli rol oynadığını da açıklamıştır. Yılmaz Zenger ise, 1963’te üniversitedeki asistanlık yıllarında, gelişmiş ülkelerle rekabet edebilecek avantajlı bir malzemeleri ve malzemelerin politik değerlerini araştırırken fiberglasla karşılaştığını; daha çok Brezilya, İsrail gibi gelişmekte olan ülkelerin kullandığı bu malzemenin o dönemlerde Türkiye’de olmadığını, kitaplardan, yurtdışı kaynaklardan araştırarak kompozitle ilgili bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Zenger, malzeme konusunda yaptığı araştırmalara sürekli olarak devam ettiğini, bugün artık BASF gibi büyük hammadde üreticilerinin kendisine malzeme araştırmalarında destek olduğunu, kendisinin de onların ürünlerini alışkın olmadıkları alanlarda kullanarak,

deneyisel çalışmalara imza attığını söylemiştir. Benzer tasarım formasyonlarından gelmelerine rağmen Yılmaz Zenger ve Tuğrul Gövsa'nın polimer matrisli kompozitler hakkındaki bilgileri ve bu bilgileri edinme şekillerinin ayrıksılığı, gerek eğitim aldıkları dönemlerin farklılığı, gerekse de eğitim kurumlarının bu konudaki değişik yaklaşımlarıyla ilişkilendirilebilir.

Bu iki örnekten farklı olarak LTG firmasından Levent Bey, küçük yaşıta motor sporlarıyla tanıştığı fiberglaslar hakkındaki bilgilerini, daha sonra eğitim aldığı yıllarda karbon fiberle tanışarak genişlettiğini söylemiş ve bu alanda ürün yapabilmek için yüz binlerce dolar paralar ödeyerek know-how¹⁰ aldığının altını çizmiştir. SAFTER MOBO firmasından Yusuf Bey ise, polimer matrisli kompozitleri, sektöre girdikten sonra öğrendiğini beyan etmiştir. Bu örneklerde görölmektedir ki, Levent Bey'de Yılmaz Zenger gibi kişisel ilgileri doğrultusunda bireysel inisiyatif olarak malzeme bilgilerini zaman içerisinde geliştirmişlerdir. Yusuf Bey'in malzemeyle tanışıklığı iş hayatı içinde yaparak öğrenme üzerinden olduğunu söylemiş, tasarımcıların da benzer bir pratik bilgiye ihtiyaç duyduklarını dile getirmiştir.

Bu noktadan hareketle katılımcıların genel olarak Türkiye'de tasarımcıların malzeme bilgisine dair izlenim ve fikirleri alınmıştır. Tasarım disiplininin gelmesi de Yusuf Bey, bu alandaki sektörel deneyiminden hareketle; tasarımcıların öncelikle işin mutfak kısmında pişmesi gerektiğini, malzemeyi öğrendikten sonra o malzemeyle nasıl ürün yapılacağını öğrendiklerini anlatmıştır. Bu konuya özellikle vurgu yapmasının sebebi olarak da sektörde malzeme konusunda yeterli bilgiye sahip tasarımcı sayısının azlığını göstermiştir. Tasarımcıların neyi, nerede, nasıl yapmaları gerektiğini işin içine dâhil oldukça gördüklerini, teorik bilgileri olsa da işin pratik kısmının farklı olduğunu açıklamıştır. Yılmaz Zenger; daha sert bir dille, tasarımcıların malzeme ve üretim bilgilerinin yerlerde süründüğüne dikkat çekmiş; "...ben tasarımcının malzeme bilgisine sahip olması gerektiğine inandığım için malzemeleri araştırıyorum, deneyisel bir takım şeyler yapıyorum, o yüzden de dünyada ne yazık ki malzemeci gibi biliniyorum" demiştir. Tuğrul Bey de, Türkiye'deki tasarım eğitiminin üretim ve malzeme konularında yurtdışına göre yetersiz olduğunu ve bu konuya önem verilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Farklı

¹⁰ Bir konu hakkında teknik ve yöntem bilgisi

formasyondan gelen katılımcıların Türkiye’de tasarımcıların malzeme bilgilerinin yetersizliğine dair fikir birliği içinde oldukları görülmektedir. Örnekler göstermektedir ki, tasarım eğitimi sırasında malzeme ve üretimle ilgili bilgilerin kapsamlı şekilde ele alınması, ileriki yıllar için bu alanda çalışacak kişilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu konuda Türkiye’de tasarım eğitimindeki bu eksikliklerin giderilmesine vurgu yapılması araştırmadan çıkan önemli bir sonuçtur. Ancak malzeme eğitiminin güçlendirilmesinin gerekli fakat yeterli olmadığı da açıktır. Burada teorik bilginin sahada pratik çalışmalarla güçlendirilmesinin gerekliliği su yüzüne çıkmaktadır.



Şekil 5.6 : GAEAForms’un kompozit üretim atölyesi.

Şahıs ya da firmaların kendilerini bu alanda geliştirmeleri ve güncel tutabilmeleri için, yeni gelişmelerden haberdar olmalarını sağlayacak, kitap, dergi, makale gibi yayınları takip etmeleri, fuar, konferans, seminer benzeri organizasyonlara katılmaları kaçınılmaz gözükmektedir. Okuyup, araştırarak bu konuda bilgi sahip olduğuna değinen Yusuf Bey, fuarlara katılmanın, bu alanda ortaya çıkan yeni bilgilere hızla erişebilmeleri, sektördeki yeniliklerden haberdar olabilmeleri açısından önemli olduğunu belirtmiş; Yılmaz Zenger, ise bu tarz etkinlikleri takip etmenin kalite, malzeme çeşitliliği ve farklı üretim yöntemleri için olanak tanıdığını

ifade etmiştir. Levent Gür, özellikle JEC¹¹ gibi yurtdışı fuarlarına gitmenin yararlı olduğunu, oradaki seminerlere dinleyici olarak gidip çok şey öğrendiğini ancak maalesef yurtiçinde yapılan kompozit fuarlarının bu konuda çok yetersiz kaldığını açıklamıştır. Tuğrul Gövsa'nın da dediği gibi: “Malzeme konusunda özellikle fuarlara gidiyoruz, JEC’e, diğer kompozit fuarlarına, metal ve ahşaplara. Aynı anda hem tasarımcı, hem üreticiyiz, mecburen gidiyoruz başka çaremiz yok. Türkiye’de kompozit üzerine hiçbir fuar yoktu, bir anda 2 tane oldu, rakip çıkmaya başladı. (...) Ama çok sığ, o kadar sığ ki hiç bir şey yok. İş yaptığım, polyesteri aldığım, çek verdiğim adam orda, e başka ne göreceğim. Amaç çok belli orda, iş yapanların buluşma noktası gibi bir şey maalesef ve çok güdük”. Görüşmeler sonucunda görülmektedir ki, malzeme konusunda yeni bilgilere ulaşma, güncel gelişmeleri takip etme konusunda eğilim kitaplardan çok fuar, seminer, sempozyum gibi kitap bilgisine nazaran daha “canlı” olan bu organizasyonlar yönündedir. Bu durum Elvin Karana'nın 2007 yılında Türkiye’de yaptığı çalışmanın, tasarımcıların, malzeme seçimlerinde fuar ve konferansların etkili olduğu sonucuyla da örtüşmektedir [18]. Beşinci bölümün başında da anlatıldığı gibi, Türkiye’de son dönemde ciddi bir ivme kazanan bu tarz organizasyonların önemli ve olumlu olduğu görüşme yapılan katılımcılar tarafından ifade edilmiştir. Ancak katılımcılar, fuar ve seminerlerin içerik ve bilgi paylaşımı açısından yurtdışındaki muadilleri kadar başarılı olamadığına da dikkat çekmiştir.

Bu alandaki başka bir eksik nokta da yapılan fuar ve sempozyumlarda, malzeme ile ürün ve tasarımı ilişkisinin verimli şekilde kurulamamasıdır. Kasım 2008’de “Uluslararası Katılımlı Polimerik Kompozitler Sempozyumu- Sergi ve Çalıştayları” İzmir’de düzenlenmiş, 27’si yurtdışından olmak üzere toplam 75 bildiri sunulmuştur. “Yeni Yaklaşımlar ve Tasarım” başlıklı oturumda dahi, sunulan 6 bildiride, malzemenin ürün tasarımıyla olan ilişkisinden çok polimer matrisli kompozitlerle ilgili yeni üretim yöntemleri ve teknolojileri konuları ele alınmıştır.

Bu konferansta katılımcı gözlemci olarak bulunmam vesilesiyle konferansın ağırlıklı olarak derin teknik bilgilere yer verdiğini gözlemledim. Bu eğilimin daha çok, konferansı Kimya Mühendisleri Odası’nın düzenlemesinden kaynaklandığını saptamak mümkündür. Derinlemesine bilgi üreten bu tarz konferanslar oldukça

¹¹ JEC Kompozit Fuarları, her yıl dünya çapında birkaç farklı noktada düzenlenen en büyük uluslararası kompozit fuarlarıdır.

faydalı olsa da; akademisyen, araştırmacı, üretici, firma sahibi, mühendis, tasarımcı ve öğrencinin birlikte katılabileceği daha melez konferanslar düzenlenmesinin de bir ihtiyaç olduğunu saptamak yerinde olacaktır.



Şekil 5.7: SAFTER MOBO firmasının ürettiği tekneler.

Ürün tasarımı ve malzeme konuları ele alındığında incelenmesi gereken önemli konulardan biri de malzeme seçiminin tasarımın hangi aşamasında devreye girdiği, ele alındığı yahut gözden geçirildiğidir. Görüşmeler sırasında Zenger tasarımda malzeme seçimiyle ilgili olarak, malzemeyi en başta ele aldığını ve malzemenin daha tasarımın ilk adımlarında kendini belli etmeye başladığını dile getirmiştir: “Daha ilk çizgiyi çektiğiniz zaman hangi malzemeden olmayacağı, hangi malzemelerden olma olasılığının kuvvetli olduğu bellidir”. Ayrıca malzemeyi tasarımın her aşamasında gözden geçirdiğini söylemiş, Kompozit Dergisi’ne¹² verdiği bir yazıda da bu yaklaşımını “Biçim tek doğruya giderken malzeme de en uygunu doğru arınıp netleşmelidir” sözleriyle ifade etmiştir [46].

Tuğrul Gövsa benzer bir vurguyu, malzeme konusunun tasarımın ilk başından başlayarak tüm aşamalarda göz önünde bulundurması gerektiğini, istenilen ürün/parçanın malzemeyle doğrudan alakalı olduğuna değinerek yapmıştır.

SAFTER MOBO firmasında işletme müdürü olarak çalışan Yusuf Bey, malzemeyi kalıp yapım aşamasından nihai ürüne kadarki aşamalarda ele aldıklarını belirtmiş,

¹² Kompozit Dergisi internet ortamında yayınlanan bir dergidir. www.kompozitdergisi.com

malzemenin üretimle ilişkisinden bahsetmiştir. Levent Bey ise, spesifik bir alana ürün yaptıklarından, zaten belirli şartnameler altında çalıştıklarını, malzemelerin, tasarımlarından bağımsız olarak zaten başta dayatıldığını açıklamıştır. Bu tarz kısıtlamalar malzeme seçimi konusunda etkili olabildiği gibi maliyet konusu da malzeme seçiminde etkili diğer bir unsur olabilmektedir. Bu konu ile ilgili Tuğrul Bey, özellikle polimer matrisli kompozitlerin, özel bir boyutsal hassasiyet ya da spesifik bir değerin beklenmediği durumlarda, daha ağır olmalarına karşın daha ucuz olan geleneksel malzemelere yenik düştüklerine dikkat çekmiştir. Benzer şekilde Zenger de, kendisine gelen bazı taleplerde, malzeme konusundaki bilgi eksikliğinden kaynaklı olarak müşterinin ısrarla kompozit malzeme istediğini, ancak kendisinin müşterilerini, olması gereken doğru malzemelere yönlendirdiğini dile getirmiş; yanlış bir malzemedan yapılacak tasarımın anlamsız ve 5 liralık bir ürünün de 50 liraya mal edilmesinin enayilik olduğunu işaret etmiştir.

Bu noktada ürün tasarımını bilfiil yapan kişilerin, malzeme konusunu en başından başlayarak ele aldıkları ve tasarım süreci boyunca da seçtikleri malzemeleri gözden geçirdikleri sonucuna varılabilir. Diğer yandan polimer matrisli kompozitlerle, üretim ayağında temasta olan kişilerin perspektifinden, malzemenin kalıp aşamasından nihai ürüne kadar ki geçtiği üretim adımlarıyla ilişkisinin öne çıkarıldığı görülmektedir. Ayrıca hizmet verilen sektörün (savunma sanayisi ve motor sporları gibi) dayatabileceği kimi kısıtlar malzeme seçiminin firma ya da tasarımcıdan bağımsız olabildiğini ortaya koymuştur. Ayrıca maliyetin de, malzeme seçiminde katılımcılar tarafından dile getirilen ortak bir faktör olması, malzeme seçimimin maliyetle olan ilişkisinin altını çizmektedir.

Yukarıdaki görüşme sonuçlarına bakılarak malzemenin tasarımın en belirleyici unsurlarından biri olduğunu çıkarmak yanlış olmayacaktır. Ancak unutulmamalıdır ki, ikinci bölümde de anlatıldığı gibi, tasarım alanında malzeme seçiminde mühendislikten farklı olarak tek bir doğru sonuç bulunmamaktadır [18,19]. Tercihler konusunda bazı malzemelerin, diğerlerinden belli konulardaki özellikleri ve avantajları sayesinde ön plana çıktıkları unutulmamalıdır. Elbette ki şunu saptamakta fayda vardır, bir ürün tasarımcısının, tasarlayacağı ürün ve kullanacağı malzeme arasında bu çapta mukayeseler yapabilmesi için oldukça geniş bir malzeme bilgisine sahip olmasının gerekliliği kaçınılmazdır.

Malzemeye ilgili tüm bu veriler ışığında, görüşme yapılan kişilerin polimer matrisli kompozitleri genel olarak tercih etme sebeplerinin ortaya konması üretim yöntemleriyle ilgili soruların yorumlanmasına geçmeden önce yerinde olacaktır. Yusuf Bey, ürünlerinde, hafif ve mukavim oluşu, korozyon dayanımı, kolay şekillendirilebilmesi, tamir edilebilmesi ve ayrıca üretim esnasında sorun çıkarmayan, fiyat anlamında da uygun malzemeler olmalarından ötürü polimer matrisli kompozitleri tercih ettiklerini açıklamıştır. Levent Bey, hafiflik ve dayanımın motor sporlarındaki en önemli iki kriter olduğunu bu yüzden de polimer matrisli kompozitleri özellikle tercih ettiklerini dile getirmiştir. Yılmaz Zenger, malzemeyi özgül ağırlığının düşük olması, akışkanlığından dolayı kolay şekillendirilebilir ve çalışması esnek bir malzeme olması, uzun ömürlü olması gibi özelliklerinden ötürü seçtiğini belirtmiştir. Yılmaz Zenger'in Kompozit Dergisi'nde çıkan bir yazısı kompozitleri tercih etme sebeplerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır: "Daha hafif, daha güçlü olmak tasarımın en önemli geleceğe dönük amacı, iki yolu var bunun, birincisi ürünü hafifletmek, ikincisi ise özgül ağırlığı düşük malzemelere yönelmek" [46].

Tuğrul Gövsa ise polimer matrisli kompozitleri tercih sebepleri arasında malzemenin hafif olması, mukavim olması, vibrasyonu sönmüleyen tok bir malzeme olmasını saymıştır. Görülmektedir ki görüşme yapılan dört kişi de polimer matrisli kompozitleri düşük yoğunlukları sebebiyle tercih etmektedir. Bunun yanında mukavemet, dayanım gibi mekanik özellikler yine ön planda yer alırken, farklı katılımcılar malzemenin korozyon, vibrasyon sönmüleme gibi farklı özelliklerine de değinmişlerdir. Literatürde polimer matrisli kompozitlerin, geleneksel malzemelere kıyasla güçlü olan yönleriyle, görüşmelerde katılımcılar tarafından öne çıkarılan yönleri paralellik göstermektedir.

5.3.2 Üretime dair

Ürünü oluşturan malzemelerin şekillendirilmesi, birleştirilmesi, birbirleriyle olan ilişkileri ve tüm bunların uyandırdığı etkilerin bir ürünün kalitesi, estetik değeri, fonksiyonu ve kullanıcıyla olan iletişimi açısından ne derece etkili olabileceği, tasarım fikirleri ifade edilirken göz önünde bulundurulması gereken noktalardır [1]. Bu sebeple çalışmanın ikinci kısmında malzeme ve üretimin ürünle olan ilişkisi birlikte ele alınarak aralarındaki bağlantı ortaya çıkarılmıştır. Tasarımcı ve firma

yöneticileriyle yapılan görüşmelerde, yaptıkları ürünlerde hangi malzeme ve üretim yöntemlerini seçtikleri, Türkiye’de polimer matrisli kompozitlerle üretim yapmanın zorlukları, hangi üretim yönteminin neden avantajlı olduğu ve polimer matrisli kompozitlerle üretim konusundaki genel fikirleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için çeşitli sorulara cevap aranmıştır.

Görüşmelerde, firmalara hangi polimer matrisli kompozitlerle çalıştıkları ve hangi üretim yöntemlerini kullandıkları sorulmuştur. Yusuf Bey; üretimde çoğunlukla genel amaçlı polyester ve takviye olarak da cam keçe ve tek yönlü dokuma kullandıklarını anlatmış, gelen talebe göre karbon gibi farklı takviye malzemeleri de kullandıklarını söylemiştir. Üretim yöntemi olarak kabin ve tekne üretimlerinde soğuk kalıplama yöntemini kullandıklarını eklemiştir. Motor sporları gibi yüksek performans kriterlerinin göz önünde tutulduğu bir alana ürün yapan Levent Bey, bu beklentiye karşılayabilmek için karbon fiber tercih ettiklerini şu sözlerle ifade etmiştir: “Bizim hafif ve sağlam parça üretmemiz gerekiyor, bunu da en fazla karbonla elde edebiliyoruz. Zaten motor sporlarında kurallar gereği belli dayatmalar var (...) karbon şu özelliklere sahip olacak diyor, bunun dışına çıkamıyorsun”. Üretim yöntemi olarak en çok el yatırması ve infüzyon¹³ yöntemi kullandıklarını bunun yanında transfer kalıplamayla da üretim yapabildiklerini söylemiştir. Yılmaz Zenger termoset matrisli polimerleri kullandığını belirtmiş, birçok özelliği sebebiyle tercih ettiği kompozitlerin, hafif olmaları açısından büyük bir montaj kolaylığı sağladığına da değinmiştir. El yatırma, püskürtme, vakumla form verme gibi farklı üretim yöntemleri kullanıyor olmasının sebebini: “Bir iş gelir, o işe özel bir tasarım, üretim yöntemi gerektirir, ona göre yaparsınız ve bir tek o işte kullanıp bir daha da kullanmayabilirsiniz” sözleriyle açıklamıştır. Tuğrul Bey GAEAForms olarak en çok polyester ve epoksiyle çalıştıklarını, takviye malzemesi olarak da % 80-85 cam elyafı kullandıklarını, karbonu ise çok fazla kullanmadıklarını belirtmiştir. Üretim yöntemleri olarak da basınçlı kalıplama, sıcak kalıplama, el yatırma, püskürtme, vakum infüzyon ve transfer kalıplama gibi çeşitli yöntemleri kullandıklarını ifade etmiştir.

¹³ İnfüzyon yöntemi, transfer kalıplama yönteminin bir alt koludur. Vakum ortamında matris malzemesinin ilerlemesi esasına dayanır. [11]



Şekil 5.8 : SAFTER MOBO firmasında el yatırma yöntemiyle kabin üretimi - 1

Görüşmeler sonucunda şöyle bir tablo ortaya çıkmıştır: Polimer matrisli kompozitlerden üretilmiş ürünleri piyasada bulunan dört firmanın da, kullandıkları malzemeler ve üretim yöntemleri farklılık göstermektedir. Yaptığı ürünlerin performans odaklı olması sebebiyle karbon fiber ağırlıklı üretim yapan LTG Composite firması dışında ağırlıklı olarak cam takviyeli polimerler kullanılmaktadır. Buradan yola çıkarak tercih edilme sebepleri farklı olsa da, cam takviyeli polimerlerin diğer türlere nazaran firmalar tarafından daha yaygın şekilde kullanıldığı söylenebilir.

Görüşme yapılan dört firma üretim yöntemi olarak el yatırma ve püskürtme yöntemini kullandığını belirtmiştir. Şekil 5.8, 5.9, 5.10 ve 5.11’de de görülmektedir ki, beşinci bölümün başında da açıklandığı gibi Türkiye’de emek-yoğun el yatırma yöntemi üretim yöntemleri arasında halen ilk sıralarda yer almaktadır. Üretim yöntemleriyle ilgili bir diğer bulgu, yöntem çeşitliliği üzerinedir. ZENGER ve GAEAForms firmaları, seri üretim mantığından farklı olarak çoğunlukla proje temelli çalışmaları, firma sahiplerinin tasarım kökenli olması, ürün çeşitliliğinin fazla olması ve yenilikçi yaklaşımları sebebiyle, ürünleri görece daha standart olan SAFTERMOBO ve LTG Composite firmalarına nazaran daha fazla sayıda üretim yöntemiyle çalışmaktadır. LTG Composite firması da, yeni üretim yöntemleri denemesini gerektiren kimi deneysel çalışmalarda bulunsa da, malzemenin standartlarla belirlendiği ve ürünlerin belli sistemlerin parçaları olduğu bir alana ürün

yapmasından ötürü daha iyi sonuç veren, standart ürün alabildiği yöntemleri tercih etmiştir.



Şekil 5.9 : SAFTER MOBO firmasında el yatırma yöntemiyle kabin üretimi - 2

Görüşme yapılan firma ve tasarımcılara kullandıkları yöntemlerin artı ve eksi yönleri, üretimde en çok nerelerde zorlandıkları, mevcut yöntemlerin yeterliliği gibi sorular sorulması ve üretime dair genel fikirlerinin alınması bu konuda daha derinlemesine bir bilgi sahibi olabilmek için gerekliydi. Levent Bey, kompozitle çalışmanın diğer malzemelerden farklı olduğunu, ilk parça ile son parça arasında her zaman işin üzerinde olmaları gerektiğini anlatmıştır. Üretim açısından dikkat ettikleri bir başka noktanın, önceden matris emdirilmiş takviye malzemesi olan prep-reglerde, tetiklenmiş durumdaki matrisin reaksiyona girmemesi için -18°C muhafaza edilmesi olduğunu söylemiştir. Özellikle motor sporlarında belirli kalitelerdeki malzemeleri kullanmalarının standartlarla belirlenmiş olmasından ötürü, çoğu hammaddeyi dışarıdan almak zorunda kalmalarının eskiden bir dezavantaj olduğunu ancak artık karbonu bile yurtiçinden alabildiklerini ifade etmiştir. Mevcut üretim yöntemlerinin yeterli olduğunu ama zamanında otoklav yatırımı yapamamalarının pişmanlık verdiğini belirten Levent Bey; Türkiye’de üretim adına gelişmelerin oldukça yavaş ilerlediğini dile getirmiştir. Örnek olarak, belli bir boyun üzerindeki ürünlerde infüzyon yönteminin çok hızlı ve ekonomik olduğunu ancak Türkiye’de maalesef yatırım maliyetleri yüksek olmamasına rağmen birçok üreticinin halen infüzyon yerine el yatırması tercih ettiğinin de altını çizmiştir.

SAFTER MOBO firması olarak, kabin modelleri için zaman açısından uzun ve maliyet açısından pahalı olmasına rağmen hata payının düşüklüğü sebebiyle soğuk kalıplama yöntemini tercih ettiklerini belirten Yusuf Bey, ayrıca üretim esnasında müdahale şansının olmasının, yöntemin en büyük avantajı olduğunu da eklemiştir. Şu anki yöntemin ihtiyacı karşıladığını ancak ileride hız, maliyet ve işçilik giderleri açısından daha teknolojik olan vakum ya da enjeksiyon yöntemine geçeceklerini bildirmiştir. Hammaddeyi yurtiçinden aldıklarını, piyasada daha ucuz yurtdışı hammadde alternatifleri olmasına rağmen tercih etmediklerini vurgulamıştır. Son olarak farklı bir konuya değinen Yusuf Bey, kendilerini üretimde en çok zorlayan şeyin, üretim esnasında ortaya çıkan atıklar ve kullandıkları malzemelerden yayılan zehirli gazlar, buharlar olduğuna dikkat çekmiştir. Çıkan atıkları çimento fabrikalarında yakıt olarak, ülke olarak ikinci bir katma değer daha elde edilmesini sağladıklarını söylemiş, ancak işçilerde belirli bir iş güvenliği ve çevre bilincini halen oturtamadıklarından rahatsızdır.



Şekil 5.10 : GAEAFirms firmasında üretim.

Kendilerinin esasen bir tasarım ve prototip firması olduğunu söyleyen Yılmaz Zenger her üretim yönteminin kendine göre avantaj ve dezavantajları olduğunu, zaten artıları eksilerinden fazlaysa o yöntemi tercih ettiklerini belirtmiştir. Yöntemlerin artı ve eksi yönlerinin yapılan ürüne göre değiştiğini, bu yüzden de sabit bir üretim yöntemine saplanmadıklarını anlatmıştır. Bu çerçeveden bakıldığında da mevcut üretim yöntemlerinin kendileri için yeterli olmadığını, sürekli yeni yöntemler

aradıklarını beyan etmiş; “Her biçim kendine has yöntemi de zorlar, eğer o yöntem var edilmemişse, kullanılmıyorsa, yöntemi oluşturmak zorunda kalırsın” sözleriyle bu konudaki yaklaşımını açıkça ifade etmiştir.



Şekil 5.11 : SAFTER MOBO’da el yatırma yönteminde jelkot uygulaması.

Tuğrul Gövsa kompozit ile çalışmanın farklılığını şu şekilde özetlemiştir: “Kompozitte malzemen yok ortada, hazır bir girdi yok. Sıfırdan başlıyorsun, girdi olmayınca bu sefer malzemeyi de kendin üretiyorsun”. Kompozit üretiminin meşakkatli oluşunu, bir levhanın kıvrılarak kolayca şekillendirilebildiğini oysaki kompozitte benzer bir form için bir sürü uğraş gerektiğini, çünkü malzemenin işlemeye elverişli olmadığı örneğiyle açıklamıştır. Kendilerini en çok zorlayan şeyinse, malzemenin karışım oranları ve uygun koşulların oluşturulması olduğunu izah etmiştir. Ayrıca üretilen parçalara vida benzeri bağlantı elemanlarının doğrudan atılamamasının bir dezavantaj olduğuna dikkat çekmiş ve bazı ürünlerin tüm parçalarının kompozitten yapılamadığını, bu gibi durumlarda da kompozit ve kullanılan diğer malzemelerin ömür sürelerinde bir uyumsuzluk olduğunu hatırlatmıştır. Son olarak da hammaddeyi eskiden yurt dışından aldıklarını ancak artık yurtiçini tercih ettiklerini de belirtmiştir.

Alınan cevaplar ortaya koymaktadır ki, görüşme yapılan kişiler üretim yöntemleri benzer bile olsa sorunları farklı açılardan ele almışlardır. Firmalardan üçü, üretim konusunda mevcut yöntemlerini geliştirmek gibi bir vizyona sahiptir. Burada daha standart ürünler piyasaya süren firmaların üretim yöntemlerindeki değişiklikleri

makineleşme yönünde yapma eğiliminde oldukları tespiti yapılabilir. Ayrıca yöntemlerin zorlukları üretilen ürünlere göre değişeceği için, bir yöntemin başka bir yönteme göre her durumda kesinlikle üstün olduğunu söylemek mümkün olmamaktadır.

Ortak bir çıkarım kompozitlerin hammaddeleri konusunda yapılabilir. Yapılan görüşmelerde anlaşılmıştır ki, kullanılan hammaddeler önceleri yurtdışından alınıyordusa da artık çoğunlukla yerli üreticilerden temin edilmektedir. Bu durum Türkiye’de hammadde üreticilerinin çeşitlendiğine ve ürün kalitelerinin gelişme gösterdiğine işaret edebilir.

Polimer matrisli kompozitlerle üretim yapmanın zorluklarından birisi de üretim esnasında ortaya çıkan sağlığa zararlı gazlar ve atıklardır. Atık konusu İZAYDAŞ¹⁴ gibi firmaların bu tarz zehirli atıkları toplayıp kontrollü şekilde bertaraf etmesiyle çözülebilmekte ancak işçi sağlığı halen önemli bir sorun olmaktadır.

Son olarak polimer matrisli kompozitlerin üretim açısından geleneksel malzemelerden farklı ve çalışılması, işlenmesi zor bir malzeme olduğu ortaya çıkmıştır. Yine geleneksel malzemelerden farklı olarak, malzemenin kendisinin de üretim esnasında üretiliyor oluşu, matris takviye karışım oranlarının ayarlanması gibi zorlukları beraberinde getirmektedir.

5.3.3 Tasarıma dair

Tasarım üretilen nesnenin şeklini, büyüklüğünü, malzemesini ve rengini seçme sürecini tarif ederek yapılacak bir şeyin biçimini ortaya koyma süreci olarak tanımlanabilir [15]. Malzeme bilgileri, malzeme seçimleri kadar firma ve tasarımcıların, tasarım kavramına yaklaşımları, tasarım ve polimer matrisli kompozitlerin ilişkisine dair fikir, görüş ve deneyimlerine ulaşabilmek bu çalışmanın ana amaçlarından biriydi. Bu doğrultuda, görüşmelerde katılımcılara ürün tasarımlarının kendilerine mi ait olduğu, kullandıkları malzemelerde mekanik veya kimyasal özellikler dışında görsel, algısal, dokunsal özelliklerin rolü, kendilerinden talep edilen ürünlerin biçimleri gibi konularda sorular sorularak polimer matrisli kompozitlerin bu konuları nasıl etkilediklerine dair bilgiler toplanmıştır.

¹⁴ İZAYDAŞ: İzmit Atık ve Artıkları Arıtma Yakma ve Değerlendirme A.Ş.

Ürün tasarımlarını kendisi yapan Zenger, polimer matrisli kompozitlerle tasarım yapmanın kolaylık sağladığını, malzemenin başta likit olmasından ötürü istediği formu verebildiğini, bunun da en büyük avantaj olduğunu dile getirmiştir. “Gereksinme ne ise, tam o gereksinmeye fit olacak çözümler yapabiliyorsunuz. Kübiklerdeki gibi mecbur değilsiniz ihtiyacınız olmayan köşeyi de inşa etmeye” sözleriyle polimer matrisli kompozitlerin, bir profil ya da levhayla çalışmaktan çok daha avantajlı olduğunu açıklamıştır. Malzemelerin her vasfının önemli olduğunu, iyi bir tasarımcının bu algısal ve dokunsal özelliklerin her birini dikkate alması gerektiğinin altını çizmiştir. Kendisini tercih eden müşterilerin ya da tasarımcıların genelde organik formlu ürünler için gelmesini: “Düz şeyler için zaten marangoza giderler, yapamayacaklarını anladıklarında, akılları kesmediğinde geliyorlar bana, başka yerde yaptıramayacağını anlayınca geliyor” şeklinde ifade etmiştir.



Şekil 5.12 : Yılmaz Zenger’e ait çalışmalar.

LTG Composite’den Levent Bey, bugünkü şartlarda mühendislik ihtiyaçlarının çok hızlı çözülebildiği ama endüstriyel tasarımın o kadar hızlı çözülemediğine dikkat çekerken, farklı düşünen, daha yaratıcı iş gücüne olan ihtiyacın da altını çizmiştir. Hizmet ettikleri motor sporlarında performansa ek olarak, yapılan işin biraz da şov amaçlı olmasından ötürü yaptıkları ürünlerde görsel özelliklerin, düzgünlüğün, bitirmelerin çok iyi olması ve yapılan işin albenisinin olması gerektiğini izah etmiştir. Ayrıca daha mühendislik ve performans odaklı çalıştıkları için yaptıkları işlerin, izledikleri yolların bir tasarımcıdan farklı olduğunu, ancak yine de ürettiği parçaların birçoğunun tasarımlarının kendisine ait olduğunu, parça üretirmek için gelen firmaların motor sporları kökeninden gelmedikleri için yeterli bilgiye sahip olmadığını söylemiştir.



Şekil 5.13: Yılmaz Zenger'in atölyesi.

Dışarıya az sayıda iş yaptıklarını ve genelde ürünlerini kendisinin tasarladığını söyleyen Tuğrul Bey, kompozitlerin en büyük avantajlarından birinin malzemenin insanlar tarafından sıcak bir malzeme olarak yorumlanması olduğunu söylemiş, insana iyi bir tokluk hissi verdiğini ifade etmiştir. Ayrıca ürün açısından vibrasyon sönmülmesinin gayet iyi olduğunu ve ürünün dokunsal ve algısal özelliklerini de göz önüne aldıklarını anlatmıştır. Ancak malzemenin tasarım konusu açısından da bazı dezavantajları olduğunu açıklamış ve bunları şu şekilde sıralamıştır: detayların çok ince yapılamaması ve çok keskin köşelerin olamaması. Polimer matrisli kompozitlerde, farklı malzeme ve üretim yöntemleriyle yapılmış bir ürünü yeniden yorumlamanın zor olduğunu ancak bir ürünü sıfırdan tasarlamamanın çok daha kolay olduğunu, işin ona göre yönlendiğini açıklamıştır. Malzemeyi üretenin de kendileri olmasından ötürü Ar-Ge'ye çok müsait olduğunu, malzemeye müdahale şanslarının olmasının büyük imkân olduğunu da eklemiştir. Bu noktadaki fikirlerini şöyle ifade etmektedir: “Malzeme ürün geliştirmeye bu kadar açıksa, biraz da hobi olmaya başlıyor zaten, biraz daha artistik bir şey olmaya başlıyor. (...) Bir şeyle uğraşırken çok farklı noktalara varabiliyorsun. İnsanın deneysel yanı ağır basıyor. (...) sonu olmayan bir şey o yüzden de biraz daha artistik kalıyor”.

Görüşmelerden çıkan ortak bir sonuç, tüm firmaların ürünlerin algısal özelliklerine ciddi bir önem atfettikleridir. Polimer matrisli kompozitlerin sıcaklık, tokluk, renk ve

dokunsal özellikler gibi özelliklerinin de ürün tasarımı açısından önemli faktörler olduğu ortaya çıkmıştır. Ürün tasarımı biçim açısından ele alındığında polimer matrisli kompozitlerle çalışmanın organik formlar üretmeye daha uygun olduğu sonucuna varılabilir. Keskin köşelerin ve ince detayların polimer matrisli kompozitlerle elde edilememesi bazı tasarımcılar tarafından avantaj, bazıları tarafından da dezavantaj olarak saptanmıştır. Bir başka önemli çıkarım polimer matrisli kompozitlerin deneysel çalışma ve Ar-Ge'ye çok uygun bir malzeme olduğudur. Polimer matrisli kompozitler, üretim esnasında malzemeye müdahale mümkün olduğu için, tasarımcılar açısından yaratıcılığı tetikleyen ve artistik uygulamalara fırsat veren bir malzeme olarak, geleneksel malzemelerden ayrılmaktadır. Görüşmelerden çıkan bu sonuç, tezin önceki bölümlerinde sık sık bahsedilen, malzemenin zaman zaman ürün tasarımını ileri götüren bir faktör olduğu iddiasıyla örtüşmektedir.

5.3.4 Sektöre dair

Polimer matrisli kompozitlerle üretim yapan, ürün tasarlayan kişi ve firmaların, içinde bulundukları Türkiye gerçekliğinden bağımsız olarak ele alınması, bazı kavram ve durumların yerine oturmamasına ve tartışılan konunun havada kalmasına yol açacaktır. Bu sebeple, görüşme yapılan tasarımcı ve firma yöneticilerine, içinde bulundukları sektör hakkındaki bilgi, fikir ve deneyimlerinin sorulması, beşinci bölümün başında anlatılan Türkiye'deki polimer matrisli kompozitler sektörüne dair genel bilgilerle mukayesesi açısından önemlidir. Bu bakış açısıyla görüşme yapılan kişilere polimer matrisli kompozitler sektöründeki gelişmeler, eksiklikler, malzemenin önündeki engeller, kullanım yaygınlığı ve hangi alanlarda kullanımının daha fazla yaygınlaşacağı gibi sorular yöneltilmiştir.

Yılmaz Zenger polimer matrisli kompozitlerin hızlıca pazara girebilen ve rekabet edebilen ürünler ortaya çıkarmada avantajlı olduklarını açıklamış, malzemenin bu yönüyle kendine yeni sektörlerde yer bulabildiğini ifade etmiştir. Ancak, polimer matrisli kompozitlerin önündeki engellerden birinin ön yargılar olduğuna dikkat çeken Zenger, çoğu kişinin malzemeyi plastik sandığını, plastiği de aşağılayıcı bir şey olarak kullandıklarını söylemektedir. Bunun yanında, sektörün kendisini çok ilgilendirmediğini dile getirip polimer matrisli kompozitlerin ne kadar yaygın olduğu değil, ne derece doğru kullanıldığının önemli olduğuna işaret etmiştir.

SAFTER MOBO firmasından Yusuf Bey, sektörde kendileri gibi kabin üreten başka firmalar da olduğundan, ürünün patentini almış olmalarına rağmen, Türkiye’de patentle ilgili sorunlar olduğundan ve bunun için de ürünlerinin kopyalandığından şikayet etmiştir. Bu durumla başa çıkmak için yeni modeller tasarlayıp piyasaya sunduklarını, ancak rakip firmaların ürünlerini satın alıp, ürün üzerinden kalıp çıkarmak suretiyle kısa zamanda kopyaladıklarını açıklamıştır. Kompozit sektöründe üretim yapan firmaların diğer bir sıkıntısının teknik personel olduğunu bildirmiş, işçilerin işi 2-3 ay içinde öğrenebildiklerini, ama o işçileri yönlendirecek, bu anlamda yetişmiş mühendis, tasarımcı veya kimyacının eksik olduğunu açıklamıştır. Polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’de kullanımının belirli bir seviyeye eriştiğini ve ileri de daha da yaygınlaşacağını, malzemenin denemeye, Ar-Ge’ye fazlasıyla uygun olmasına bağlamıştır. İlerisi için otomotiv ve denizcilik endüstrisinde, açık hava gereçlerinde (oyun parkı, spor gereçleri... vb) ve şehir mobilyası alanlarında kullanımının artacağına da kesin gözüyle bakmaktadır.

LTG Composite’den Levent Bey, sektörde ciddi bir açık olduğunu, özellikle de motor sporları alanında rakiplerinin olmadığını dile getirmektedir. Ancak hemen ardından, şuan işi bırakması halinde kimsenin bu durumdan etkilenmeyeceğini, hem rakibinin, hem de kendisine ihtiyacın olmadığını, bu durumun da oldukça enteresan olduğunu vurgulamıştır. Buna sebep olarak da, motor sporları gibi niş bir pazara hizmet vermelerini göstermiştir. Niş bir pazara ürün verdikleri için adetlerin düşük olduğunu, bu yüzden yerli takviye malzemesi üreticilerinin, istedikleri özellikler ve kalitede düşük adetli üretime yanaşmamalarının da kendileri için diğer bir dezavantaj olduğunu açıklamıştır. Farklı alanlara girip yeni bir şeyler yapmaya çalıştıklarını ancak savunma sanayi gibi bazı alanların şartlarının oldukça ağır olduğunu anlatmıştır.

Polimer matrisli kompozitlerin önündeki engellerden birinin insanların malzemeye karşı olan muazzam ön yargıları olduğunu söyleyen Levent Bey, malzemenin hafif olmasından ötürü insanlarda, dayanıksız olacağı kanısının yaygın olduğunu belirtmiş ve malzemenin bilinirliğinin de az olduğunu ilave etmiştir. Üretim yöntemleri konusunda işveren ve müşterinin yeni yöntemlere ve teknolojilere açık olduğunu ancak bu yeniliklerin yönetim ve işçi kadrosu tarafından istenmediğine de açıklık getirmiştir: “Yönetim kadrosu çok temkinli yaklaşıyor çünkü canı yanacak olan onlar. (...) ustabaşları, formenler gibi gruplar yeni yaklaşımlara gereksiz, biz zaten

yapıyoruz diyor. Bu adam bunu bu şekilde yapar ve ekmeğimi elimden alır kaygısı var. Çok acı ama bu çokça karşılaşılan bir şey. (...) hâlbuki kendini bitiriyor, bu müesseseler işleri bu şekilde yapmadıkları için bir gün müşteri bulamayacak ve yine o ustabaşları işsiz kalacak”. Ayrıca küçük çaplı imalatçılarda genellikle doğru üretim şartları olmadığını, işçilerin sağlıksız, karışık ve pis ortamda çalışmak istemediklerini; bu yüzden de imalatçıların bu anlayıştan kurtulması gerektiğini de sözlerine ekliyor.

Tuğrul Bey, polimer matrisli kompozitlerin önündeki en büyük engelin geri dönüşüm konusu olduğunu, üretilen parçaların birçoğunun geri dönüştürülebilir olmadığını dile getirmiştir. Ancak motor sporları, yüksek kalibredeki spor dallarında kullanılan ekipmanlar, performans ürünleri, otomotiv ve denizcilik sektörü, medikal sektör, havacılık ve savunma sanayisi gibi sektörler için bu malzemelerin vazgeçilmez olduğunu da eklemiştir. Bu sektörler dışında fazla uygulama alanı bulamayan kompozitlerin, son dönemde rüzgâr enerjisi ve altyapı sektöründe olduğu gibi belli sektörel gelişmelere paralel olarak Türkiye’de büyüme gösterdiğini de eklemiştir. Çoğunlukla düşük ve orta seviyenin başlangıcına yakın adetli üretimler için tercih edildiğine dikkat çeken Tuğrul Bey; polimer matrisli kompozitlerin bilinirliklerinin az olmasından ötürü endüstride yaygınlaşmadığını ancak Türkiye’de gelişme potansiyelinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Türkiye’de kompozitin fason mantığıyla üretim yapmak için akıl karı olmadığını, ancak kendi ürünleriyle piyasada var olan firmalar için mantıklı olabildiğini, kalan işlerin sezonluk, geçici ve maliyeti kurtarmayan düşük adetli işler olduğunu açıklamıştır. Son olarak İzmir’de üretim yapmanın üretici maliyetleri ve insan başına düşen maliyetler açısından avantajlı olduğunu eklemiştir.

Polimer matrisli kompozitlerin gelişme potansiyeli olduğu, giderek yaygınlaşmakta olduğu ve bunun yakın tarihlerde daha fazla ivme kazanacağı tüm katılımcıların hemfikir olduğu bir husustur. Bu durumun bir sebebi olarak polimer matrisli kompozitlerin rekabet gücü yüksek ürünler yapmaya ve pazara hızlı girmeye uygun olması ve Ar-Ge ve deneme yanılmaya da imkân tanınması gösterilebilir. Katılımcıların, malzemenin hafif olması ve görünen kısımların plastik hissi vermesinden ötürü, insanların malzemeyi dayanıksız ve kalitesiz olarak algılandığını ifade etmeleri, Türkiye’de polimer matrisli kompozitlere dair var olan bir önyargının kanıtıdır. Ayrıca polimer matrisli kompozitler hakkında genel geçer bilgi düzeyinde

eksikliğin olması, malzemenin bilinirliğinin yetersiz olmasına işaret etmekte ve bu durum da önyargının kırılmasını engellemektedir.

Geri dönüşüm konusu polimer matrisli kompozitler önündeki en büyük engellerden biridir. Yaygın olarak kullanılan termoset matrisli polimer kompozitlerin büyük kısmının geri dönüştürülemiyor olması kompozit sektörünün acilen üzerine eğilmesi gereken konuların başında yer almaktadır. Ancak savunma sanayisi ve motor sporları gibi kimi alanlarda polimer matrisli kompozitlerin kullanımı hayati önem taşıdığı için malzemenin, geri dönüştürülememe dezavantajına rağmen, vazgeçilmez olduğu söylenebilir.

Aynı zamanda, Türkiye’de son dönemde atılımda olan bazı sektörlerin (rüzgâr enerjisi, alt yapı sektörü gibi), polimer matrisli kompozitler pazarı için itici bir güç olduğu sonucu da çıkmıştır.

Sektörle ilgili bir başka saptamada polimer matrisli kompozit üretiminde çalışan işçi ve ustabaşlarının, işsiz kalacaklarını düşünmeleri sebebiyle yeni teknolojik üretim yöntemlerine sıcak bakmamaları sonucu firmaların geleneksel yöntemlerle çalışmak zorunda kalmaları hakkında yapılabilir. Ayrıca polimer matrisli kompozitlerle üretim yapan firmaların işçi ve ustabaşlarını yönlendirebilecek mühendis, tasarımcı veya kimyacı gibi teknik elemanlara ihtiyaç duyduğu da açıktır. Görüşmeler sonucunda ortaya çıkan bir başka önemli konu da fikri mülkiyet hakları üzerinedir. Polimer matrisli kompozitlerde özellikle el yatırma yönteminde, piyasada yer alan polimer matrisli kompozitten yapılmış bir ürünün kalıp olarak kullanılabilmesi, dolayısıyla fikrin kolayca kopyalanabilmesi, piyasadaki taklit ürünler, çoğaltmakta ve telif hakları açısından problem teşkil etmektedir.

5.3.5 Geleceğe dair

“Yaşadığımız dünyayı sürekli yeniden inşa ediyoruz. Bu da her anlamda yeni malzemeler kullanma gereksinmesi demek” [47]. Yılmaz Zenger’in bu tespiti, birçok farklı kaynakta vurgulandığı gibi yeni ve ileri malzemelerin önümüzdeki binyılları şekillendireceği ve egemen olacağına işaret etmektedir.

Bu malzemelere olan ihtiyaç anlaşılabilir olmakla birlikte, bu teorik ve varsayımsal bilginin, Türkiye’de bu malzemelerle ürün yapan firmaların, bu konu hakkındaki düşünceleriyle ne derece örtüşeceğine bakmak önemli bir bilgi sağlayacaktır. Bu hedefle görüşme yapılan kişilere polimer matrisli kompozitlerin geleceği, diğer ileri

malzemelere dair ön görüleri ve kişisel ve firma vizyonları hakkında sorular yöneltilmiştir.

Levent Bey, polimer matrisli kompozitlerin termoset matrisli olanlarında, özellikle el yatırma yöntemiyle parça üretiminin Avrupa'dan Türkiye'ye kayacağını dile getirmiş, buna sebep olarak da, stiren temelli polimerlerin Avrupa'da emisyon kurallarına tabi olduğunu, Türkiye'de ise bunun kontrol edilmediğini söylemiştir. Termoplastik matrisli olanların ise imalat süresinin kısa, termal dayanımlarının iyi olması ve geri dönüştürülebilirlikleri dikkate alındığında gelecekte fazlasıyla yaygınlaşacağını tespit etmiştir. Şu an rijitlik açısından dezavantajlı olmalarına rağmen, polimer teknolojisiyle termoplastiklerin bu sorunu da aşacağına inandığını da eklemiştir. Kendilerinin de bir dönem TÜBİTAK'la yürüttükleri bir projede kullandıkları seramik matrisli kompozitlerin çok hızlı geliştiğini ve seramik matrisli kompozitlerin yaygınlığının gelecekte artacağını bildirmiştir.

Tuğrul Bey de termoset matrisli kompozitlerin geri dönüştürülememesini büyük bir engel olarak gördüğünü yinelemiş ancak termoplastiklere olan inancının %100 olduğunu ifade etmiştir. Termoset matrisli kompozitlerin Türkiye'de bir 20-25 sene daha gideceğini sonrasında başka sektörlerde olduğu gibi İran, Afganistan taraflarına kayacağını; adetlerin düşük olması ve Türkiye'nin lojistik konumu sebebiyle bu kaymanın daha erkende olmadığını tespit etmiştir. Termoplastiklerin ise ileride özellikle otomotiv sektöründe kullanımının artacağına inandığını ifade etmiştir.

“Şöyle bir hava var: Kompozitlerin geleceği inanılmaz, hâlbuki öyle bir şey yok. (...) Avrupa'nın Türkiye'den ileri olduğunu düşünüyorsak, kompozit kullanımı Avrupa'da çok yaygın olmalı, oysaki belli oranlarda kullanılıyor. Savunma sanayisi dışında ele geçirdiği bir sektör yok. Ama 30 sene sonra termoplastiklerle bu değişebilir. (...) İleride kompozitin genel tanımı altına girebilecek ama çok farklı uygulamalar olacaktır, örneğin tekstilde. (...) Kompozitler geleceğin malzemeleri ama belli sektörlerde”; Tuğrul Bey bu sözleriyle kompozitlerin geleceğin malzemeleri olup her sektöre hâkim olacakları inancına karşı çıkmaktadır. Nano kompozitler alanında başarılı gelişmelerin kaydedildiğini, ancak maliyetlerin düşmesi ve malzemelerin laboratuvar ortamından çıkarılıp, sanayiye daha fazla adapte edilmesi gerektiğini de eklemiştir. Seramik matrisli kompozitlerin, seri imalata uygun olmaları sebebiyle, geleceğini daha olumlu gördüğünü ve ileride çalışmak istediğini de açıklamıştır. Son olarak da, bazı kompozitlerin geri

dönüştürülemediğine ancak daha uzun süreler bozulmadan kalabildikleri için sonuçta daha az atık çıkardığına, bu bakış açısıyla bazı sektörler için kompozitlerin daha çevreci olabildiklerine değinmiştir.

Görüşmelerden polimer matrisli kompozitler alanında termoset matrislilerin geri dönüştürülemiyor olmasından dolayı, termoplastik matrisli kompozitlerin daha büyük bir potansiyeli olduğu, özellikle otomotiv endüstrisinde daha fazla kullanılacağı sonucu çıkartılmıştır. Otomotiv endüstrisi gibi, endüstri ürünleri tasarımcısı istihdamının kaçınılmaz olduğu sektörlerde termoplastik malzemelerin kullanımının artacağı düşünüldüğünde, tasarımcıların termoplastik matrisli kompozitlerle ileride daha sık karşılaşacaklarının söylemek zor değildir.

Görüşmelerden çıkan önemli bir öngörü de seramik matrisli kompozitlerin, üretimsel avantajları sebebiyle, kullanımlarının artacağıdır.

Yapılabilecek bir başka saptama önümüzdeki 25 yıllık süreç içinde polimer matrisli kompozit üretiminin Türkiye’de artacağıdır. El yatırması gibi emek-yoğun üretim yöntemlerinin, ucuz işçilik ve lojistik konum sebebiyle Türkiye’ye kayacağı tahmin edilmektedir. Benzer bir okumayı TÜBİTAK’ın “*Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Strateji Belgesi*”nden de yapmak mümkündür [3]. Böyle bir artışın olması ihtimali göz önüne alınarak bu alanda hizmet verebilecek nitelikli mühendis, tasarımcı ve işçi ihtiyacının artacağı dikkate alınmalı, dolayısıyla bu kişilerin alana ve malzemeye hâkim olmasını sağlayacak ön koşullar yaratılmalıdır. Farklı sektörlerde hizmet eden firmaların bu konu üzerinde mutabık olması bu savları daha da güçlendirmektedir.

Polimer matrisli kompozitlerin geri dönüştürülemiyor olması önemli bir dezavantaj olmasına rağmen, yapılan ürünün kullanılacağı alan doğru seçildiğinde, malzemenin uzun ömürlü olmasından ötürü kimi sektörler için daha “çevreci” olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu spesifik durum göz önüne alındığında polimer matrisli kompozitlerin gelecekte daha çok bu gibi alanlarda egemen olacakları tahmin edilebilir.

Görüşme yapılan firmaların kuruluş tarihleri, firmadaki çalışan sayısı, adresleri gibi detay bilgilerin yanında ürünleri, üretim yöntemleri, hammaddeyi nereden temin ettikleri gibi bilgilerin karşılaştırılabilmesi açısından Çizelge 5.5 faydalı olacaktır.

Çizelge 5.5 : Görüşme yapılan firmalara dair bilgiler.

Firmalar	Yılmaz Zenger	LTG Composite	SAFTERMOBO	GAEAFORMS
Kuruluş Tarihleri	1971	2000	1996	2003
Firma Sahipleri	Yılmaz Zenger	Levent Gür	Ayhan Safter	Tuğrul Gövsa
Görüşülen Kişi	Yılmaz Zenger	Levent Gür	Yusuf Şehitoğlu	Tuğrul Gövsa
Adresleri	Yeni Şile Yolu Madenler Durağı Kıraç Sok. No: 8 Ümraniye / İSTANBUL	İkitelli Org. San. Böl. İpkaş Sitesi 15-A Blok No: 28 İkitelli / İSTANBUL	Topselvi Mah. Ankara Asfaltı No:52 Kartal / İSTANBUL	54 Sokak No: 1 Sasalı, Çiğli / İZMİR
Tel	0 216 527 19 76	0 212 549 98 69	0 216 387 84 16	0 232 327 33 83
İnternet Adresleri	www.yilmazzenger.com	www.ltg.com.tr	www.saftermobo.com	www.gaeafirms.com
Ürünleri	Oturma üniteleri, heykelsi sandalyeler, koltuklar, sehpahalar, masalar, çocuk mobilyaları, heykeller, aydınlatmalar	Motor sporlarına yönelik otomobil parçaları, kapıları, aynalar, tavan havalandırması, tekne parçaları	Kabinler, Konteynırlar, su depoları, tekneler, kanolar, deniz bisikletleri	Oturma üniteleri, masalar, dolaplar, bahçe mobilyaları, depolama üniteleri, rafla
Üretim Yöntemleri	Püskürtme, El Yatırma, Vakumla Form Verme	El yatırma, İnfüzyon, Prepreg, Light RTM	Soğuk Kalıplama, El Yatırma	Basıncılı Kalıplama, Sıcak Presleme, El Yatırma, Püskürtme, Vakum İnfüzyon
Çalışan Sayısı	—	5	70	27
Tasarımcı Sayısı	1	0	1	3
Ürünlerin Yurtiçi / Yurtdışı Satış Dağılımları	Daha çok yurtiçine	%80 Yurtdışı, %20 Yurtiçi	% 50 Yurtiçi, %50 Yurtdışı	% 70 – 80 Yurtiçi, % 20 – 30 Yurtdışı
Ürünlerde Kompozit Malz. Kullanımı (%)	90%	60%	100%	15%
Hammadde Temini	Yurtiçi ve Yurtdışı	Yurtiçi	Yurtdışı	Yurtiçi
Ürün Tasarımında Malzemeye Verdikleri Önem	Tasarımda malzemenin birincil önem taşıdığını düşünmekte, Türkiye'de tasarımcıların malzeme bilgisinin eksikliğini özellikle vurgulamakta	Malzeme olmadan ürünün hayata geçemeyeceğini, dolayısıyla çok önemli olduğunu vurgulamakta	Malzemenin tasarımdaki önemine inanmakla beraber, görüşme yapılan kişi işletme müdürü olduğu için konuyu daha çok üretim açısından ele almıştır	Malzemenin tasarımın tüm aşamalarında ele alınması gereken önemli kelimelerden biri olduğunun altını çizmekte
Kompozit Malzemelerin Ürün Tasarımındaki Geleceğine Dair Fikirleri	Kompozit malzemelerin yaygınlaşacağını ancak önemli olan doğru malzemenin doğru yerde kullanılması gerektiğini düşünmekte	İmalat yöntemlerinin gelişmesiyle maliyetlerin düşeceğini ve kullanımının çok artacağını düşünmekte	Kompozitlerin 21.yüzyılın en önemli malzemesi olduğunu ve giderek daha da yaygınlaşacağını düşünmekte	Geri dönüştürülebilir kompozitlerin gelecekte daha çok kullanılacağını ve kompozitlerin bazı sektörler için vazgeçilmez olduğunu düşünmekte

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

“Dünya yeni malzeme seçeneklerinin sonsuzca arz edildiği bir döneme girmiştir.”

George Beylerian [1].

“Yaşadığımız dünyayı sürekli yeniden inşa ediyoruz. Bu da, her anlamda yeni malzemeler kullanma gereksinimi demek. Yeni ürünleri kullanma heveslerimizin yanı sıra, bu yeni malzemelerle üretimin çekiciliğini de fark etmeli, fark ettirmeliyiz.”

Yılmaz Zenger [47].

İyi bir tasarımcıyı, dönemin pazar ihtiyaçlarını en iyi şekilde okuyabilen, bunun sonucunda da bu ihtiyaçlara en iyi şekilde cevap olacak ürünleri tasarlayan kişi olarak tanımlayan Mike Ashby, tasarımcının kendini güncelleyebilmesi için sürekli olarak yeni teknolojileri, hatta bilimsel araştırmaları takip etmesi gerektiğini belirtmiştir [1]. Yeni malzemeler bilimsel araştırmaların sonucunda laboratuvarlarda ortaya çıkarlar. Ürün tasarımında yeniliğin ve yaratıcılığın kaynaklarından biri de yeni malzemelerde yatmaktadır. Tam da böyle bir anlayıştan hareketle, çıkış noktası ürün tasarımı ve yeni malzemeler olan bu tez çalışması, yeni ve ileri malzemeler sınıfına giren polimer matrisli kompozitlerin Türkiye’de endüstri ürünleri tasarımındaki kullanım alanlarına, güçlü ve zayıf yönlerine, tasarımcıların malzeme bilgileri ve malzemeyi tercih sebeplerine, polimer matrisli kompozitlerin önündeki fırsat ve engellere odaklanmıştır.

Tezin dayandığı kuramsal çerçeve içerisinde malzemenin tanımı, türleri, ürün tasarımında malzeme seçimi, ürünün malzeme ve üretimle ilişkisi, yeni ve ileri malzemelerin ürün tasarımındaki kullanımının getirileri ele alınmıştır. Kompozit malzemeler dair bilgiler verilerek alt türleri ve bu türlerin üretim yöntemleri ele alınmış, polimer matrisli kompozitlerin genel özellikleri, avantaj ve dezavantajları, üretim yöntemleri, yaygın kullanılan matris ve takviye malzemeleri konuları serimlenmiştir. Saha çalışması kısmına geçmeden önce polimer matrisli kompozitlerin neden diğer kompozitlere göre ürün tasarımında öne çıktığı açıklanmış, saha çalışması için Türkiye’de polimer matrisli kompozitlerle çalışan 4 firma üzerinden 2 tasarımcı ve 2 firma yöneticisiyle görüşmeler yapılmıştır. Görüşme

sonuçlarının daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için Türkiye’de polimer matrisli kompozitler sektörüne dair genel bilgiler ve istatistikî veriler derlenmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler malzeme bilgisi, tasarım, üretim, sektör ve gelecek başlıkları altında toparlanmış ve değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında ortaya konana teorik tartışmalar ve saha çalışmasından ortaya çıkan sonuçlar birleştirilerek, görüşmelerde elde edilen bulgular aşağıdaki başlıklar altında toplanıp, yorumlanmıştır.

6.1 Türkiye’de Polimer Matrisli Kompozitler ve Ürün Tasarımının Değerlendirilmesi

Sonuçların değerlendirilmesi bölümünde, ilk olarak belirtmek gerekir ki saha çalışması dar bir örneklem üzerinden yürütülen bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar Türkiye’ye dair ya da polimer matrisli kompozitlerle çalışan tüm tasarımcı ve firmalara dair kapsayıcı genellemeler yapmaya imkân vermeyecektir. Ancak çalışmanın yöntem bölümünde de açıklandığı gibi, bu tür betimleyici araştırmalardan araştırılan konu için derinlemesine bir bilgi toplanabilmektedir. Bu tez çalışmasının, kısmi de olsa, Türkiye’de ürün tasarımında polimer matrisli kompozitlerin yeri ve önemine dair dikkate değer, gelecek çalışmalara kaynak olabilecek, bu alanın mevcut potansiyel ve sorunlarına ilişkin zengin bir bilgi ürettiği söylenebilir.

Görüşmelerden ortaya çıkan en genel sonuç, gerek tasarımcıların gerekse firma sahiplerinin ürün tasarımında malzemenin önemini kavradıkları ve bu bilinçle hareket ettikleridir. Bu sonuç, katılımcıların, hem polimer matrisli kompozitlere yaklaşımlarından ve malzeme teknolojilerini takip etme isteklerinden hem de diğer malzemelere olan ilgilerinden çıkartılmıştır.

Araştırmanın başında da öngörülebilir olan ancak yine de sonuçlarda verilmesi kaçınılmaz bir başka saptama, polimer matrisli kompozitlerle çalışıp farklı formasyonlardan gelen katılımcıların görüşmeler sırasında farklı konulara ağırlık verme eğilimleridir. Tasarım formasyonundan gelen Yılmaz Zenger ve Tuğrul Gövsa sorulan sorulara, daha çok tasarım aşamasıyla bağlantılı cevaplar verirken, Levent Gür ve Yusuf Şehitoğlu’nun daha çok sektörel ve üretim aşamalarıyla bağlantılı cevaplar verdikleri görülmüştür. Katılımcıların perspektifleri arasında belli farklar olmasının ötesinde önemli bir ortak nokta, malzeme, tasarım ve üretimin yakın

ilişkisidir. Katılımcıların tümünün tasarım, malzeme ve üretim konularındaki hâkimiyetlerinin firma vizyonları ve iş yapma şekillerinin belirlenmesinde önemli rol oynadığı görülmüştür. Tasarımcıların ürünlerini kendi firmalarında üretiyor olmaları ve sürekli yeni üretim yöntemleri denemeye atfettikleri anlam üretim konusundaki hâkimiyetlerine işaret ederken, firma yöneticilerinin de tasarım konusunun firmaları açısından önemini kavramış olmaları ve tasarım fikri ve telif haklarına verdikleri önem tasarım konusuna ilişkin bilinçlerini ortaya koymaktadır.

Görüşmelerden çıkarılan bir diğer ortak sonuç polimer matrisli kompozitlerin gelişme potansiyeline ve Türkiye’de önümüzdeki yıllarda giderek yaygınlaşacağına olan inançtır. Saha çalışmasından elde edinilen bu bulgu, TÜBİTAK’ın yayınlamış olduğu “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Stratejileri”nde saptanan kompozit malzemelerin önem kazanıp, yaygınlaşacağı belirlemesiyle ve Türkiye’de polimer matrisli kompozit pazarının büyüme oranlarının dünya geneline nazaran daha yüksek olduğu bilgisiyle örtüşmektedir.

Böyle bir ortak inanca rağmen, tüm katılımcılar polimer matrisli kompozitlerin bilinirliği ve genel algısına ilişkin ortak bir kaygıyı da paylaşmaktadır. Polimer matrisli kompozitlerin genel bilinirliğinin olmaması ve malzemeye dair algının, plastiği çağrıştırması itibariyle olumsuz olması, malzemenin sahip olduğu potansiyel değer anlaşılmamasının önündeki önemli bir engel olarak su yüzüne çıkmıştır.

Türkiye’de polimer matrisli kompozitlerin yaygınlaşması ve bilinirliğinin artmasına katkıda bulunacak olan fuar ve organizasyonların 2005 yılından bu yana önemli ölçüde artması, katılımcıların Türkiye’de bu alanda olumlu gördükleri gelişmelerdendir. Buna karşın, yapılan organizasyonlar içerik açısından değerlendirildiğinde, yetersizlikleri ve yurt dışı muadillerinin gerisinde olmaları açısından eleştirilere maruz kalmıştır.

Yeni bir malzemeyle çalışmak tasarımcı ya da firma için fırsatlar yaratabildiği kadar risklerde taşımaktadır. Görüşmelere göre polimer matrisli kompozitlerle çalışmanın yarattığı en önemli fırsat, deneysel çalışmalara açık olması ve hazır bir malzeme olmayışı sebebiyle, tasarımcıların yaratıcılığını tetiklemesidir. Malzeme geri dönüşümü konusunda henüz belli bir aşamaya gelinememiş olması ise, bu malzemelerle ürün yapan veya yapacak firma ve tasarımcılar için, çevre bilincinin arttığı ve “eko-tasarım” gibi kavramların öne çıktığı bir dönemde ciddi bir risk

oluşturmaktadır. Yukarıda sıralanan genel çıkarımlara ilaveten diğer önemli sonuçlar da aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Tasarımcıların malzemeyle olan tanışıklıkları dolayısıyla malzeme bilgilerini ne yollarla edindikleri çalışmanın önemli bulguları arasındadır. Malzeme bilgisi eğitim süresince kazanılabildiği gibi kişisel araştırmalar veya iş deneyimleri sırasında da elde edilebilmektedir. Ortak bir görüş, ürün tasarımında çalışan kişilerin çalışma hayatına malzeme konusunda oldukça bilgisiz girdiği ve Türkiye’de tasarım eğitiminin bu konuda yetersiz olduğudur. Buradan yola çıkarak, tasarım eğitiminde malzeme konusuna daha fazla ağırlık verilmesi, malzemeyle ilgili verilen derslerin eğitim süresinin geneline yayılarak çeşitlendirilmesi ve teorik bilgilerin yanında öğrencilerin malzemeyle pratik uygulamalar yapabileceği atölye çalışmalarının teşviki gibi girişimler, bu sorunu giderebilmek için düşünülecek öneriler arasında sayılabilir. Salt teorik bilginin yeterli olmayacağı, pratik deneyimlerin teorik bilgiyi tamamladığı da bir gerçektir. Malzeme alanı statik değil dinamik bir alan olduğundan, okulda elde edilecek teorik bilgilerin güncellenebilmesi ve yeniliklerin takibi için, benzer bir anlayışın iş hayatında da devam ettirilmesi gerekmektedir.

Bilgilerin güncel tutulması konusunun önemi katılımcılar tarafından dile getirilmiştir. Bu konuda tercihlerin kitap, dergi gibi basılı yayınlardan çok, fuar, seminer, konferans gibi daha “canlı” organizasyonlar yönünde olduğu sonucuna varılmıştır. Sayıları artan bu tarz organizasyonların olumlu olduğu ancak yetersiz kaldığı saptaması, kimi organizasyonların daha çok bu alanda çalışan insanları bir araya getiren salt sektörel bir düzeyde kalması ve kompozit malzemelerdeki yenilikler ve uygulama alanlarına dair zihin açıcı bilgileri içermemesine dayanmaktadır. Bunun dışında, tasarım başlığına yer veren organizasyonlarda (sempozyum, fuar, konferans, atölye çalışması) dahi, içerik açısından ürün tasarımına dair kapsamlı örneklerin yetersizliği dikkat çekicidir. İstanbul Tasarım Haftası 2009 kapsamında, malzeme konusunda danışmanlık veren “MaterialConnexion” malzeme araştırma merkezinin İstanbul’a davet edilmesi gibi malzeme konusunda uzman kişilerin, malzemelerden ürünler yaratan tasarımcılarla ortak bir platformda buluşturulması, karşılıklı fikir alışverişinin güçlenmesi, her iki alan için önemli adımların atılmasını tetikleyecektir.

Malzeme seçimi konusu mühim bulgular elde edilen bir başka noktadır. Malzeme seçimi konusunun tasarımın ilk aşamalarından başlayarak tüm aşamalarda gözden

geçirilen bir konu olduğu ortaya çıkmıştır. Malzeme seçiminin, biçimden ve üretim yönteminden bağımsız bir karar olamayacağı, ürünün biçiminin ve uygulanacak üretim yöntemlerinin seçilecek malzeme üzerinde etkisi olduğu görüşmelerden yola çıkarak söylenebilir. Malzeme seçimi konusunda biçim ve üretim yöntemi kadar maliyet konusunun da önemli olduğunu, özellikle polimer matrisli kompozitlerin fayda-maliyet ilişkisi açısından değerlendirildiklerinde, maliyetli olmalarından ötürü, yüksek maliyetlerin kazanımlar karşısında göz ardı edilebileceği uygulamalar için tercih edildiğini söylemek mümkündür.

Görüşme yapılan firmaların polimer matrisli kompozitleri tercih etme sebepleri arasında hafiflik, mukavemet, korozyon dayanımı öne çıkarılan teknik özelliklerdir. Malzemenin kolay renklendirilebilmesi, his olarak sıcak ve tok oluşu ise dokunsal ve algısal özelliklere dair tercih sebepleri arasında yer almaktadır. Sıralanan teknik özellikler literatürle örtüşürken, malzeme özelliklerine dair katılımcıların dile getirdikleri, teknik yayınlarda yer almayan malzemenin elle tutulamaz özellikleri, polimer matrisli kompozitlerin bilinen avantajlarına ek diğer öne çıkan yönleridir. Kullanıcı beğenisi üzerinde etkili bu özelliklerin katılımcılar tarafından vurgulanması, teknik özellikleriyle ön planda olan polimer matrisli kompozitler gibi malzemelerde dahi, ürünü oluşturan malzemede görsel, dokunsal, algısal özelliklerin göz önünde bulundurulduğunu ortaya koymuştur.

Firmalarla yapılan görüşmeler sonucunda en çok ettikleri malzemenin cam takviyeli polyester ve epoksi olduğu, karbon takviyeli polimerlerinde özel uygulamalar için tercih edilen bir diğer malzeme olduğu ortaya çıkmıştır. Bu malzemelerle hangi üretim yöntemlerini kullandıklarına bakıldığında ise, en çok kullanılan yöntemin el yatırma ve püskürtme olduğu görülmüştür. Türkiye genelinde de en çok cam takviyeli polimerler tercih edildiği ve el yatırma yöntemi kullanıldığı bilinmektedir. Çalışma, bu bilgiden farklı olarak, yenilikçi ürünleri daha kısa sürelerde piyasaya sunan tasarım kökenli firmaların, görece standart ürünler çıkaran firmalara nazaran, daha çeşitli üretim yöntemleriyle çalıştıkları bilgisini ortaya koymuştur. Bir diğer çıkarım, standart ürün yapan, model değişimi daha az olan firmaların emek-yoğun üretim yöntemlerinden makineleşmiş teknolojik yöntemlere geçme eğiliminde olduklarıdır. Bu noktada Türkiye'ye dair ilginç bir saptama, polimer matrisli kompozitle üretim yapan firmalarda çalışan işçi ve ustabaşlarının, bu yeni üretim yöntemlerine, makineleşmeye, işsiz kalacaklarını düşünmeleri sebebiyle karşı

çıkmaları, yanaşmamalarıdır. İşveren ve müşterilerin teknolojik yöntemlere geçme isteğiyle, işçilerin muhafazakâr tutumu arasında bir paradoks olduğu göze çarpmaktadır.

Üretimle ilgili bulgulardan biri de, üretim aşamalarında yaşanan zorluklarla ilişkilidir. Üretim aşamasında takviye ve matris malzemelerinin karışım oranlarının ayarlanması, malzemenin delme, kesme gibi ikincil operasyonlara uygun olmaması ve üretim koşullarının sağlığa zararlı olması yaşanan zorluklar olarak listelenebilir. Görüşmelerde üretim yöntemlerine dair farklı zorluklara değinilmesi sonucunda anlaşılmıştır ki, yöntemlere ait zorluklar üretilecek parçaya ya da ürüne göre değişmektedir. Dolayısıyla da herhangi bir yöntemin bir diğerine göre her durumda kesin bir üstünlük gösterebileceği iddia edilemez.

Polimer matrisli kompozitlerle ürün yapmaya ilişkin bahsedilen dikkate değer bir nokta kompozit malzemenin ömür süresinin üründe kullanılan diğer malzemelerle tutmaması sonucu ürün ömründe bir tutarsızlığın söz konusu olduğudur. Kullanılacak diğer malzemelerin (örneğin, vida, pim gibi bağlantı elemanları) ömür süreleri kompozitinkinden kısa olacağı için, ürün kendi ömür süresinden çok daha kısa bir sürede işlevini yerine getiremez hale gelebilmektedir.

Polimer matrisli kompozitlerle ürün tasarımı yaparken dikkat edilmesi gerekli bir diğer nokta, özellikle yaygın kullanılan el yatırması yönteminde keskin köşelerin elde edilemiyor olmasıdır. Benzer şekilde ince detay çalışmalara da imkân tanımayan malzemenin bu karakteristiği, kimi katılımcılar tarafından olumlu olarak değerlendirilirken, kimileri bu durumdan bir dezavantaj olarak bahsetmiştir. Malzeme, yukarıda da anlatılan ikincil üretim operasyonlarına uygun olmaması ve burada bahsedilen karakteristiği sebebiyle, keskin hatlı biçimler yerine, organik formlar yaratmaya ve nihai şekline en yakın halinde ürün yapmaya daha uygundur.

El yatırma gibi yaygın kullanılan üretim yöntemlerinde üretim esnasında malzemeye müdahale edilebiliyor olmasından dolayı, polimer matrisli kompozitler deneysel çalışmalara ve Ar-Ge yapmaya oldukça elverişlidir. Bu özelliği sayesinde birbirinden farklı sonuçların elde edilebildiği, daha artistik uygulamalara imkân tanıyan, bu anlamda çalışan kişiye yeni fırsatlar yaratan bir malzemedir.

Görüşmelerde üzerine özellikle vurgu yapılan başka bir konu Türkiye'deki mevcut sektörel durum, sektöre dair beklentiler ve eksikliklerdir. Rekabet gücü sebebiyle

pazara hızlı gireceği ve kullanımlarının önümüzdeki yıllarda artacağı düşünülen polimer matrisli kompozitler şu an ağırlıklı olarak son dönemlerde yükselişe geçen altyapı ve enerji sektörlerinde tercih edilmeye başlanmıştır. Malzemenin ardındaki potansiyel fark edildikçe ve kullanıldığı sektörler yaygınlaştıkça giderek polimer matrisli kompozitlerin malzeme değeri fark edilecek ve daha fazla sayıda tasarımcı bu malzemeyle çalışacaktır.

Polimer matrisli kompozitlerin kullanımlarının yaygınlaşacağı ortak kanısına rağmen, bu malzemelerin savunma sanayisi, motor sporları, enerji ve altyapı sektörleri gibi polimer matrisli kompozitlerin şimdilik vazgeçilmez olduğu sektörler dışındaki bir sektörde kullanım alanı bulsa da egemen malzeme olacağına dair kesin bir sonuca henüz varılamamaktadır.

Görüşmeler genel olarak gözden geçirildiğinde katılımcıların polimer matrisli kompozitlere dair değindikleri dezavantajlar arasında geri dönüşüm konusu en fazla ele alınan konu olmuştur. Termoset matrisli kompozitlerin geri dönüşümü konusu yakın zamanda üzerine eğilinmesi gereken bir nokta olarak tespit edilmiştir. Ürünlerin geri dönüşümü konusuna getirilecek çözümler kadar üretim esnasında çıkan sağlığa zararlı atıkların ortadan kaldırılması da önemlidir. Bu hususta, İZAYDAŞ benzeri atık toplama ve imha kurumlarının yaygınlaşması, gelişeceği öngörülen polimer matrisli kompozit sektörü için hayati önem arz etmektedir. Üretim sırasında oluşacak ıskarta ürünler firmalar bünyesinde, çeşitli kırılma işlemlerinden geçirilerek macun, hammadde katkısı olarak kullanılabilir olsa da, kullanıcılar tarafından atılan ürünlerin toplanması ve geri dönüştürülmesi konusu, çözüm bekleyen bir nokta olarak karşımızda durmaktadır.

Bu temel dezavantajın yanında üretim esnasında çıkan sağlığa zararlı gazların, teknoloji ve bilgi anlamında altyapının yetersiz olmasının ve insanların malzemeye karşı ön yargılı olmalarının malzemenin diğer dezavantajları olduğu ortaya çıkmıştır.

Tasarım konusu açısından önemli bir başka bulgu telif hakları üzerinedir. Türkiye’de yaygın olan el yatırması yönteminde kullanılan kalıpların malzemesinin de yine polimer matrisli kompozit oluşu, bu malzeme ile üretilmiş ve piyasada satılan ürünlerin alınarak, kalıp olarak kullanılmasına, fikrin kolaylıkla çalınabilmesine ve kopyalanabilmesine sebep olmaktadır. Bu durumun varlığı fikri mülkiyet haklarına dair önemli bir problem olarak çözüm beklemektedir. Yaygın kullanımın getireceği

yüksek adetler ve bu adetlerde düşük maliyetli üretime imkân veren makineleşmiş üretim yöntemleri böyle bir sorunun varlığına daha az müsaade etmektedir.

Hammadde konusunda son dönemdeki gelişmeler sayesinde üreticilerin eski yıllarda olduğu gibi yurtdışına bağımlılığı kalmamıştır. Özellikle Türkiye’de karbon lifi üretimine başlanmış olması, ileride karbon fiber takviyeli ürünlerin çoğalacağına işaret etmektedir. Katılımcıların tamamı ağırlıklı olarak yerli hammadde üreticileriyle çalıştıklarını, kalite açısından herhangi bir sorun olmadığını dile getirmiştir. Ancak özellikle takviye malzemesinde bazı türlerin, belli miktarların altında satın alınamıyor oluşu, kimi küçük çaplı işletmeleri yurtdışından malzeme almaya zorlamaktadır.

Sektörün önündeki bir diğer sorun teknik personel eksikliğidir. Üretimde çalışan işçi ve ustabaşlarını yönlendirecek mühendis, tasarımcı veya kimyagerlerin eksik olduğu katılımcılar tarafından dile getirilmiştir.

Farklı bir örneklem seçilseydi, farklı firmalar malzemelerin farklı avantaj ve dezavantajlarını ele alabilir, kendi firma deneyimlerinden yola çıkarak farklı noktaların altını çizebilirlerdi. Buradan çıkarılacak sonuç, polimer matrisli kompozitlere dair genel avantaj, dezavantaj ve sonuçların firma veya sektörel temelli değerlendirilmesinin daha doğru bir sonuç vereceğidir. Bu da göstermektedir ki bu çalışmada yapılan derinlemesine görüşmeler gibi sahada küçük bir örneklemle yapılacak olan niteliksel çalışmalar, bu konudaki bilgi dağarcığına daha farklı düzey ve perspektiflerde yeni tür bilgiler eklemektedir.

6.2 Ürün Tasarımında Polimer Matrisli Kompozitlerin Geleceği

Yürütülen çalışmanın bir sonucu olarak bir önceki bölümde de ortaya konduğu gibi, polimer matrisli kompozitlerin kullanımı dünyada ve Türkiye’de artacak, kullanıldığı alanlar önümüzdeki yıllarda yaygınlaşacaktır.

Özellikle Avrupa’daki regülasyonlar ve yüksek üretim maliyetlerinin bir sonucu olarak açık kalıplama yöntemlerinin (el yatırma ve püskürtme yöntemlerinin), emek-yoğun işçiliğin daha ucuz olduğu Doğu ülkelerine kayacağı gerçektir. Lojistik konumu itibarıyla Türkiye bu kaymadaki ilk durak olacak, polimer matrisli kompozitlerle üretim artacaktır. Bu durum kısa vadede Türkiye için olumlu bir gelişme olarak yorumlanabilir.

Bununla beraber, malzemenin yaygınlaşmasına paralel olarak artacak adetlerle birlikte, diğer sektörlerde olduğu gibi üretimin emeğin daha da ucuz olduğu ülkelere kayması ön görülebilir. Buradan hareketle, atılması gerekli adımlardan biri, Türkiye’de özgün tasarım faktörünü üretime dâhil edip, katma değeri yüksek ürünler elde etmek ve Türkiye’yi, sadece geçici bir süre için üretim odağı olmaktan çıkarıp, fason üretim yerine kendi ürünleriyle pazarda yer alan bir ülke konumuna getirmek olacaktır.

Türkiye’de daha çok savunma sanayisi, altyapı endüstrisi ve son dönemlerde enerji sektörü gibi sektörlerde termoset matrisli kompozitler hâkimdir. Bu sektörler mühendis ağırlıklı, endüstri ürünleri tasarımcılarının daha sınırlı sayıda istihdam edildiği sektörlerdir. Ancak endüstri ürünleri tasarımcıları denizcilik, kent mobilyaları gibi sektörlerde hali hazırda termoset matrisli kompozitlerle çalışmaktadırlar. Geleceğe dair tespitlerden en önemlisi termoplastik matrisli kompozitlerin ciddi artış göstereceğidir.

Polimer matrisli kompozitler uzun yıllardır yüksek özgül elastisite değerleri sebebiyle yüksek maliyet veya geri dönüşüm sorunu gibi engellere takılmadan tercih edilmekteydiler. Ancak küresel ısınmanın tetiklediği çevre bilinci, geri dönüştürülemeyen malzemelerin önünü ciddi şekilde kesmiştir. Termoplastik matrisli kompozitlerin, termosetlerin sahip olmadığı geri dönüştürülebilme avantajlarından ötürü önümüzdeki yıllarda termoset matrisli kompozitleri geride bırakacakları kesindir. Bu malzemenin özellikle otomotiv, elektronik ve tüketim malları gibi Türkiye’de daha fazla tasarımcıyı bünyesinde bulunduran sektörlerde kullanımının artmasıyla birlikte, ürün tasarımcılarının bu malzemelerle çalışma fırsatı daha da artacaktır.

6.3 Gelecek Araştırmalara Dair Öneriler

Türkiye’de polimer matrisli kompozit malzemeler ve endüstri ürünleri tasarımı konusunda daha bütünlüklü bir resim elde edebilmek için bu tez çalışması farklı konularda ve farklı araştırma yöntemleriyle yapılmış, niteliksel ve niceliksel araştırmalarla beslenmelidir.

Bu tez çalışması polimer matrisli kompozitlerle ilgili olarak tasarımcı ve üretici perspektiflerine odaklanmış, kullanıcı/tüketici odaklı bir perspektif belirlememiştir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu gibi kullanıcının/tüketicinin malzeme bilgisi, algısı ve önyargıları büyük önem taşımaktadır. İleriki çalışmalarda bu konuya eğilmek bu çalışmadan çıkan bulguları tamamlayıcı nitelikte olacaktır.

Bu çalışmada, farklı sektörlerden katılımcılarla görüşülmesi ve sektöre dair fikirlerinin alınması, sektörel bilgi toplanabilmesi ve genel hatlarıyla sektörler arası farkları da göstermesi açısından önemsenmişti. Ancak farklı sektörlerden çok sayıda firma ve tasarımcı seçilerek yapılacak daha kapsamlı bir araştırma sektörel farkların daha ayrıntılı ve derin bir şekilde ortaya çıkarılmasına imkân verecektir.

Geri dönüşüm ve polimer matrisli kompozitler yine ayrı bir çalışmanın konusu olarak seçilmelidir. Bu tez çalışmasında geri dönüşüm, çevre ve sağlık gibi konuların önemi açıkça görülmüştür.

Son olarak, saha çalışmasının ortaya koyduğu üzere, Türkiye’de endüstri ürünleri tasarımı eğitiminde malzeme konusuna odaklanılması önemli bir ihtiyaçtır. Bu alanda yapılacak çalışmalar eğitimdeki açıkları saptayıp, mevcut uygulamaların iyileştirilmesine olanak verecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Ashby, M.F., and Johnson, K.**, 2002: *Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design*, Elsevier Science, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [2] **Foster, H.**, 2004: *Tasarım ve Suç: Müze-Mimarlık-Tasarım* , İletişim Yayınları, İstanbul.
- [3] **Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu**, 2004: *Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları: 2003-2023 Strateji Belgesi*, Tübitak, Kasım.
- [4] **Hummel, R. E.**, 1997: *Understanding Materials Science: History, Properties, Applications*, Springer-Verlag, USA.
- [5] **Ersoy, H. Y.**, 2001: *Kompozit Malzeme*, Literatür, İstanbul.
- [6] **Vinas, W. G., and Mancini, H.L.**, 2004: *An Introduction to Materials Science*, Princeton University Press.
- [7] **Ashby, M.F.**, 2005: *Materials Selectin Mechanical Design*, Amsterdam; Boston: Butterworth-Heinemann.
- [8] **Kickelbick, G.**, 2006: *Hybrid Materials: Synthesis, characterization and applications*, Wiley-VCH, Weinheim, December.
- [9] **Mazumdar, S. K.**, 2001: *Composites Manufacturing: Materials, Product and Process Engineering*, CRC Press, USA.
- [10] **Biron, M.**, 2007: *Thermoplastics and Thermoplastic Composites: Technical Information for Plastic Users*, Elsevier – Butterwoth-Heinemann: Oxford.
- [11] **Gay, D., and Hoa, V.S.**, 2007: *Composite Materials: Design and Application*, CRC Pres – Boca, Raton
- [12] **Hull. D, and Clyne, T.W.**, 1996: *An Introduction to Composite Materials*, Cambridge university pres, Cambridge, UK.
- [13] **Barnard, M.**, 2002: *Sanat, Tasarım ve Görsel Kültür*, Ütopya Yayın Evi, Ankara.
- [14] **Raizman, D.**, 2003: *History of Modern Design*, Laurence King Publishing Ltd, London, UK.
- [15] **Bayazıt, N.**, 2008: *Tasarımı Anlamak*, İdeal Kültür Yayıncılık Rek. Ve Org. San. Tic. Ltd. Şti, İstanbul.
- [16] **McDermott, C.**, 1998: *20th Century Design*, Design Museum, Carlton.
- [17] **Lefteri, C.**, 2007: *Materials for Insprational Design*, RotoVision, England.
- [18] **Womack, M.**, 2001: *Being Human: An Introduction to Cultural Anthropology*, Prentice Hall, New Jersey, USA.

- [19] **Karana, E., and Hekkert, P.**, 2008: Material Considerations in Product Design: A Survey on Crucial Material Aspects Used by Product Designers, *Materials & Design*, Vol 29, pg.1081-1089, Elsevier.
- [20] **Ljunberg, L. Y.**, 2007: Materials Selection and Design for Development of sustainable Products, *Materials & Design*, Vol.28, pg.466-479, Elsevier.
- [21] **Deng, Y.M. and Edwards, K.L.**, 2007: The Role of Materials Identification and Selection in Engineering Design, *Materials & Design*, Vol.28, pg.131-139, Elsevier.
- [22] **Kesteren, I.E.H.**, 2008: Product Designers' Information Needs in Materials Selection, *Materials & Design*, Vol. 29, pg.133-145, Elsevier.
- [23] **Kromm, F.X., and Quenisset, J.M.**, 2006: Definition of Multimaterials Design Method, *Materials & Design*, Vol.28, pg.2641-2646, Elsevier.
- [24] **Abbaschian, R., and Marshall, L.M.**, 2006: Material Information for the Design Community, *Advanced Materials & Processes*, June.
- [25] **Shea, J. J.**, 2004: *The Handbook of Advanced Materials – Enabling New Designs*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- [26] **Hirsinger, Q. and Elodie T.**, 2006: *Material World 2 Innovative Materials for Architecture and Design*, Amsterdam, Frame Publishers.
- [27] **Marinaro, D.**, 1991: How to Pick the Best Materials, *Design News*, June.
- [28] **Addington, M. And Schodek, D.**, 2005: *Smart Materials and Technologies for the Architecture and Design Professions*, Architectural Press, Burlington, Massachusetts.
- [29] **Şahin, Y.**, 2006: *Kompozit Malzemelere Giriş*, Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. Aş, Ankara, Ekim.
- [30] **Scwartz, M. M.**, 1997: *Composite Materials: Properties, non destructive testing and repair, polymer, ceramic, metal matrices*, Prentice Hall Inc., New jersey, USA.
- [31] **Strong, A.B.**: *History of Composite Materials – Opportunities and Necessities*, Birgham Young University.
- [32] **Url-1** <www.femas-ca.eu/main/press_entry_point.php>, Aralık 2008.
- [33] **Url-2** <www.metalurji.org.tr/dergi/dergi145/d145_1118.pdf>, Mayıs 2009.
- [34] **Url-3** <<http://snebulos.mit.edu/projects/reference/MIL-STD/MIL-HDBK-17-5.pdf>>, Mayıs 2009.
- [35] **Dai, H.**, 2001: *Material, Process and Product Design of Thermoplastic Composite Materials*, Prude University, Proquest Information and Learning.
- [36] **Marşoğlu, M.**, 1986: *Plastik Malzemeler*, Arpaz Matbaacılık, İstanbul.
- [37] *CTP Teknolojisi*, Cam Elyaf Sanayi A.Ş. yayınıdır.
- [38] **Akovali, G.**, 2001: *Handbook of Composite Fabrication*, Rapra Technology Ltd., Shawbury, U.K
- [39] **Url-4** <<http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/kimya/oik602.pdf>>, Haziran 2009.

- [40] **Url-5** <http://www.kompozitdergisi.com/web/haber_goster.asp?id=1913>, Haziran 2009
- [41] **Url-6** <http://www.ctpsander.org.tr/BilgiBankasilar/PLASTIK_AMBALAJ_DERGISI_FERSEN_KINAYYIGIT_ROPORTAJI.pdf>, Haziran 2009.
- [42] **Url-7** <<http://www.ctpsander.org.tr/StandartIcerik.aspx?ID=166>>, Haziran 2009.
- [43] **Url-8** <<http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-57.pdf>>, Mayıs 2009.
- [44] **Kimya Mühendisleri Odası**, 2008: *Uluslararası Katılımlı Polimerik Kompozitler Sempozyumu – Sergi ve Çalıştayları*, Dinç Ofset Matbaacılık, İzmir, Kasım.
- [45] **Pedgley, O.**, 2009 : Influence of Stakeholders on Industrial Design Materials and Manufacturin Selection, *International Journal of Design*, Vol:3, No:1, pg.1-15.
- [46] **Url-9** <http://www.kompozitdergisi.com/web/devam_yazi.asp?idyazi=86>, Haziran 2009.
- [47] **Url-10** <<http://kompozitdergisi.com/web/yazdir.asp?sayfa=haber&id=1924>>, Haziran 2009.

EKLER

- EK A.1 :** Görüşme Çözümlemeleri 1- Yılmaz Zenger
- EK A.2 :** Görüşme Çözümlemeleri 2- LTG Composite
- EK A.3 :** Görüşme Çözümlemeleri 3- SAFTERMOBO
- EK A.4 :** Görüşme Çözümlemeleri 4- GAEAForms

EK A.1

GÖRÜŞME ÇÖZÜMLEMELERİ 1 - Yılmaz Zenger

2. İsminiz, soy isminiz, öğrenim durumunuz ve mezun olduğunuz okullar nelerdir?
Yılmaz Zenger. 1958 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesinden mezun oldum.
3. Önceki iş deneyimleriniz ve çalıştığınız pozisyonlar nelerdir?
Okuldan sonra bir zaman belediyede çalıştım. Sonra tekrar üniversitede asistanlığa başladım. Londra'ya gittim sonra 1965'te İTÜ Mimarlık Fakültesi Foto Film Merkezi'nde başkanlık yaptım.
4. Çalışmakta olduğunuz firmadaki pozisyonunuz nedir? Kaç yıldır bu firmada çalışmaktasınız?
38 yıldır firmanın sahibiyim ve aynı zamanda da tasarım işlerini yürütüyorum, tasarımcıyım.
5. Firma kaç yılında kuruldu? Kaç çalışanı var?
1964 yılında şahıs olarak başladım, 1971 yılında da şirket kuruldu.
6. Firmadaki departmanlar nelerdir? Firmada tasarım departmanı mevcut mu?
Tek tasarımcı var o da benim.
7. Firmada malzeme konusunda uzman kişi veya kişiler çalışıyor mu?
Malzeme alanında uzman ben varım, malzemeye bil fiil alakalı olan.
8. Firmanın ürün yelpazesinde ne tip ürünler mevcut?
Mobilyalar, çocuklar için mobilyalar, heykelsi mobilyalar, heykeller, dekoratif objeler, aydınlatmalar. Çok farklı ürünlerimiz var.
9. Firmanın ortalama üretim adetleri ne kadar?
Belli olmaz bazen 1 ayda 1 adet üretiriz. Yeri geldi bir ayda 17 tane dev lambalar ürettik NTV için. Mobilya olarak bir başka firma için yaptık, 200 tane ürettik. Tamamen gelen talebe göre çünkü biz belli bir standart ürün üreten bir firma değiliz. Aslında biz Tasarım ve prototip firmasıyız. Aykut Erol, Defne Koz, Aziz Sarıyer olsun, yurt dışından tasarımcılar olsun, bunlar projeleri gönderiyorlar, prototiplerini oluşturuyoruz. Bazen bu prototipleri oluşturmak 1 ay, 1 hafta, 10 gün sürer. Bir prototip bedeli 20, 30 tane ürüne bedeldir. Yani biz fabrika değiliz öyle menteşe, gardırop, şifonyer yapan bir firma değiliz.
10. Üretilen ürünler daha çok yurtiçine mi yoksa yurt dışına mı satılıyor?
Daha çok yurtiçine ürün satıyoruz.

11. Ürün gamının yüzde kaçını kompozit malzemelerden yapılan ürünler oluşturuyor?

% 90'ını kompozit malzemeler oluşturuyor.

12. Firmada kompozit malzeme kullanımı ne zaman başladı? Talep nasıl ortaya çıktı?

1963. Ben üniversitede asistanlık dönemimde, malzeme ile sosyal sorumluluk nedeniyle solcu bir gruptaydım. Malzemelerin politik olarak değerlerinin ne olduğunu araştırdığım zaman fiberglasla karşılaştım. Fiberglas gelişmekte olan ülkelerde kullanılmaya başlanmıştı. İsrail ve Güney Amerika'da Brezilya kullanıyordu, kullanım amaçları da şuydu: Sac, büyük endüstriyel geçmişe sahip olan ülkelerde sac işlemek çok ekonomiktir. Ama müşterisi olduğu için tabi. Bir otomobil firması binlerce müşterisi vardır, diyelim 5000 tane bayisi var. Her bayi en az 2 tane almak zorunda bir modelden. Bu ne demektir. on bin tane müşterisi hazır. O zaman o firma 10 binden başlayacak. on bin, elli bin, yüz bin gibi çıkacaktır. Dolayısıyla ilk yatırımını saca göre yapması mantıklıdır. Sac preslerin kalıpları pahalı ama her birimin fiyatı düşük. Ama bir Chevrolet spor araba çıkardığında, Corvette gibi, onda fiberglası kullanıyor. Çünkü miktar az, ilk yatırımı düşük, pazara girebilir, rekabet edebilir, marka olursa, adet artarsa isterse saca dönebilir. Dolayısıyla gelişmiş ülkelerle rekabet edebilmek için avantajı olan bir malzeme araştırıyordum, bu malzeme ile bu şekilde karşılaştım.

Ben üniversiteye girdiğim zaman mobilyalarımı kendim yaptım. Demirciye gittik, demir borular, kare kesitli demirler aldım, kesip biçip kendi mobilyamı yaptım, ahşaptan başka bir şeyler yaptım. Ama kompozitle çalışmaya başladıktan sonra ağırlıklı olarak kompoziti kullanıyorum çünkü çok esnek bir malzeme. Benim heykel gibi, heykelle endüstriyel tasarım arası mobilyalarım. Bunlara da imkân veriyor ve ekonomi getiriyor. Çünkü kübik daima kaybettiren bir şeydir. Yani bir yumurtanın sağlamlığıyla bir kutunun zaafı arasındaki fark onun amorf formudur. Mimarlıkta süreklilik vardır statikte, spor salonlarının tavanları 3-4cm'lik beton atılır, kabukla, kabuk inşaat denen şeyle yapılır. Mantık şudur: bir nesnenin üzerine gelen yükün kesintisiz olarak aktarılmasıdır. Kesintisiz aktarmak köşe bir şeyle olmaz.

13. Kişisel olarak, kompozit malzemeyle tanışıklığınız nereden geliyor? Bu malzemeyi nerede ve hangi yollarla öğrendiniz? Ne kadar zamandır bu malzemeyi tanıyorsunuz?

Doğrudan doğruya. Zaten o zaman Türkiye’de malzeme de yoktu. Literatürden, kitaplardan, British Council ile çok iyi ilişkilerim vardı, oradan kitaplar buldum. Amerikan kitap evi, Amerikan haberler merkezinden kitaplar buldum. O kitaplardan kompozitlerle ilgili araştırdım. Evvela malzemeye ulaştım

14. Firma olarak hangi tür kompozit malzemeler ile çalışıyorsunuz? Neden?

Ağırlıklı olarak Termoset kompozitleri kullanıyoruz.

15. Bu tarz kompozit malzemeleri tercih etmenizdeki temel parametreler nelerdir?

Benim yaptığım ürünlere uygun, ihtiyaçlarımıza cevap veren bir malzeme olduğu için tercih ediyoruz.

16. Üretim, maliyet, hammadde, montaj, tamir, satış, tasarım... gibi açılardan kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Bu çok uzun. Satışı bilemem ama montajı çok kolay. Bir kere hammadde hafif, her formu verebiliyorsunuz. Yani levha değil, profil değil, bir likit, istediğiniz formu verebiliyorsunuz. Bundan daha büyük avantaj olur mu? Gereksinme ne ise tam o gereksinmeye fit olacak çözümleri yapabiliyorsunuz. Kübiklerdeki gibi mecbur değilsiniz ihtiyacınız olmayan köşeyi de inşa etmeye.

17. Kompozit malzemelerin fiziksel özelliklerinin dışında görsel, algısal, dokunsal özellikleri sizin için ne kadar önemli? Tercihinizi etkiliyor mu?

Bütün özellikleri algısal, dokunsal. İyi bir tasarımcıysanız malzemenin her vasfı son derece önemlidir. Algılama da dokunsal özellikler de hepsi çok önemlidir. Bazı malzemelerde dokunsal özellikler önemlidir. Belli olmaz, türüne göre değişir. Katı kurallar yoktur benim hayatımda. Bazı insanların öyle saplantıları vardır. Benim saplantılarım da yok.

18. Kompozit malzemeyle ürettiğiniz ürünlerin tasarımları size mi ait yoksa iş yaptığınız müşterilerden sipariş olarak mı geliyor?

Kendi tasarımlarımı da yaptım, birçok tasarımcıyla da çalıştım. Tasarımın 2 aşaması var. İlk insan bir fikir geliştirir, modeller, ama onun üretilebilir bir nesne haline gelmesi için bir endüstriyel tasarım aşaması gelir, yani ikinci aşama. Bu ikinci aşama benim birçok tasarımcıya hizmet verdiğim bir alan. Bir şey çiziyorlar ama onun mobilya haline gelmesi ayrı bir macera, ayrı bir tasarım bilgisi gerektiriyor. Onu bir ustaya götürseniz, o onu alır kendi kafasına göre saçma sapan bir şey yapar. Onu tasarım haline getirmek ve onun arkasındaki fikri koruyabilmek için 2. tasarım aşamasının olması lazım.

19. Ürettiğiniz ürünlerde diğer kompozit türlerini tercih ediyor musunuz? Etmiyorsanız sebepleri nelerdir?

Kullanmıyorum ama ileride kullanmayacağım anlamına gelmez, yapacağınız ürüne, gelen projeye göre hangi malzeme en iyi çözümü sunacaksa onu kullanırız.

20. İleride diğer kompozit türleriyle de çalışmayı düşünüyor musunuz?

Evet, ileride olabilir, hiçbir şey ile çalışmamayı düşünmüyorum. Yani ileride başka şeylerle çalışmayacağım anlamına gelmez. Her gün yeni bir malzeme ilgimi çekiyor. Geçenlerde akrilik türü bir malzeme buldum. Kompozit, heykel yapılmak için geliştirilmiş. Alçıya dönüşüyor, taşa dönüşüyor. Son derece güvenli, onu da kullanıyorum. Yani benim malzeme sınırim yok. Ben şu malzemeyi seçerim diye. Bakın; bir form ortaya çıkarken malzemesini dayatır, birde üretim mantığını dayatır. Yani aslında ona tasarımcı karar vermez aslında. Eğer tasarımcı karar veriyor ise burada bir yanlış var demektir. Tasarım kendisi onu dayatır. Yani tasarım belli eder neye ihtiyacı olduğunu. Eğer tasarımın sesine kulak veremiyorsa tasarımcı, onu saçma sapan bir malzemeden, takıldığı bir malzemeden yapar.

21. Firmada hangi üretim yöntemlerini kullanıyorsunuz, neden?

Bir sürü yöntem kullanıyorum. Püskürtme, elle yatırma, vakumla form verme var. Bir iş gelir, o işe özel bir tasarım, üretim yöntemi gerektirir, ona göre yaparsınız ve bir tek o işte kullanıp bir daha da kullanmayabilirsiniz

22. Kullandığınız üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları nelerdir? Ya da başka bir deyişle, üretim yönteminin sağladığı kolaylıklar veya zorlandığınız noktalar neler?

Her üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları vardır. Zaten avantajları dezavantajlarının üzerine çıkıyorsa onu kullanırsınız. Ayrıca her şey zorlar, hiçbir şey zorlamaz. Nerede sorunlar yoğunlaşıyorsa, nerede farklı bir durumla karşılaşıyorsa bir eşik aşmak için orda zorlanırsınız.

23. Kullanmakta olduğunuz mevcut üretim yöntemlerini yeterli/tatmin edici buluyor musunuz? Farklı bir üretim yöntemine geçmeyi düşünüyor musunuz?

Hiçbir şey yeterli değil, yeterli olsa zaten kafamızı kapatır o yöntemle yaparız. Durmadan yeni yöntemler arıyoruz, yeni yöntemler deniyoruz çünkü yeni biçimler yeni yöntemleri gerektiriyor. Farklı üretim yöntemine geçmeyi düşünüyoruz, evet, zaten yaptığımız her iş için farklı yöntem araştırıyoruz. Her

biçim kendisine has yöntemi de zorlar, eğer o yöntem şuna kadar var edilmemişse, kullanılmıyorsa yöntemi oluşturmak zorunda kalırsınız. Ama zorlayan bir şey yok ise hali hazırdaki yöntem ile çalışırsınız.

24. Firma olarak hammaddeyi yurtiçinden mi yoksa yurtdışından mı temin ediyorsunuz?

Belli olmuyor, aradığınız malzeme eğer Türkiye’de üretiliyor ise Türkiye’den alıyorsunuz. İthal ediliyorsa distribütörünü buluyorsunuz, o da yoksa bazı şeyleri kendimiz ithal ediyoruz.

25. Malzeme seçimini hangi aşamalarda ele alıyor, gözden geçiriyorsunuz?

En başta. Tasarım başlarken aslında malzeme kendisini belli etmeye başlar. Daha ilk çizgiyi çektiğiniz zaman hangi malzemelerden olmayacağı bellidir, hangi malzemelerden olma olasılığı kuvvetli olduğu bellidir.

26. Tasarımın hangi aşamasında malzeme sizin için belirleyici oluyor?

Tasarımın her aşamasında malzeme belirleyicidir.

27. Bir ürünü tasarlarken, üretirken malzeme sizin için ne derece önemlidir?

Önemli olması gerektiği kadar, yani çok önemlidir. Aslında insanlar sadece biçimin peşine düşüyorlar.

28. Bir tasarımcı olarak malzeme seçiminde zorlanıyor musunuz? Sizi en çok ne zorluyor?

Tabi malzeme seçiminde zorlanıyoruz durmadan hepimiz. Zorlanmasak zaten ben durmadan malzeme araştırması yapmam. Devamlı malzeme araştırıyorum. Malzemeler araştırıyorum, onlar için uygulamalar geliştiriyorum. BASF firması bana destek veriyor, onların ürünlerini alışkın olmadıkları alanlarda kullanıyorum. Alçı esaslı bir malzemeyi cam elyafıyla modifiye edip kullanılabilir bir hale getirdim. Ben tasarımcının malzeme bilgisine sahip olması gerektiğine inandığım için malzemeleri araştırıyorum, deneysel bir takım şeyler yapıyorum, o yüzden de dünyada ne yazık ki malzemeci gibi biliniyorum Uluslar arası toplantılara çağırılıyorum.

29. Çalıştığınız müşterilerinizin kompozit malzeme ile üretirmek istedikleri tasarımlarda sizce malzeme bilgisi hâkim mi?

Kesinlikle hayır, hiçbir bilgileri yok malzemeye dair, üretime dair. Düz şeyler için zaten marangoza gidiyorlar, yapamayacağını anladığında, akli kesmediklerinde, başka yerde yaptıramayacağını anlayınca geliyorlar. Yetersizler. Birçok bakımdan yetersizlik var. Bir kere tasarımcıların malzeme

bilgileri yerlerde sürünüyor. Üretim bilgileri yerlerde sürünüyor. Geçen gün bir tasarımcı geldi, üzerinde konuştuk ettik sonunda anladılar ki bu yapmak enayilik. Yapılmaz mı, yapılır. Şu malzemeden olur mu, olur. Ama yapmalı mıyız? Hayır, asla. Çünkü anlamsız bir tasarım olur. 5 liraya mal olacak bir şeyi 50 liraya mal edecek bir tasarım gelmiş ise ille yapmak enayiliktir.

30. Yurtdışında belirli bir malzeme üzerinde uzmanlaşmış tasarımcıların sayısı fazla iken Türkiye’de bu sayının yüksek olmayışını siz neye bağlıyorsunuz? Türkiye’de bu tür bildiğiniz örnek var mı?

Beni başkaları ilgilendirmiyor. Türkiye’den birkaç firma var bildiğim tabi, tekne yapanlar var, Mobo var.

31. Firma olarak malzeme ile ilişkili bir tür meslek içi eğitim, fuar, konferans, atölye çalışmasına... vs katılıyor musunuz? Bu tür etkinliklerin önemli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

Gerekirse. Bana her şey gerekmiyor, bildiğim şeyleri gidip niye dinliyorum. Bu tarz etkinlikleri takip etmek lazım, ediyoruz da. Bu tarz organizasyonlar kalite, malzeme çeşitliliği ve daha farklı üretim yöntemlerini görmek için iyidir.

32. Sektörünüzde kompozit malzemeye üretim yapan başka firmalar var mı?

Ben içime kapanmış bir firmayım. Umurumda değil kim ne yapıyor. Bu tür araştırmalarım yok. Beni ilgilendirmiyor. Bir yerde konuşuluyor bile olsa kulak misafiri olmam. Sektörde Türkiye’de kaç firma var, ne üretiyorlar, bana ne. Ne yaparlarsa yapsınlar. Beni kendi yaptığım işler ilgilendiriyor.

33. Sizce sektör için kompozit kullanımı ne kadar önemlidir?

Böyle bir önem atfetmek gereksiz.

34. Kompozit sektörünün Türkiye’deki yeri hakkında ne düşünüyorsunuz? Sizce hangi sektörlerde kompozit malzemelerin önü daha açık, neden?

Bizde çok kullanılan bir malzeme değil, yaygın değil. Bilinmiyor bir kere.

35. Sizce kompozit malzemeler Türkiye’de yeterince kullanılıyor mu?

Yani, önemli olan malzeme doğru kullanılıyor mu, doğru yerde kullanılıyor mu? Hiçbir malzemeyi doğru yerde doğru dürüst kullanmıyoruz genelde.

36. Kompozit malzemelerin yaygınlaşacağını düşünüyor musunuz?

Yaygınlaşır elbet, eskiden hiç yoktu, şimdi şimdi artıyor.

37. Kompozit malzemelerin önündeki en büyük engel nedir?

Ön yargılar var. İnsanlar plastik diyor. Plastiği aşağılayıcı bir şey olarak kullanıyor. New York’da fuarda mobilyalarım vardı. Orda baktım Panton

sandalyeleri yapmışlar polipropilenden yapmış 89\$ a satıyor, fiberglastan yapmış 900\$ a satıyor. İkisine da bakıyor adam ikisi de plastik. Cehalet.

38. Kompozit malzemeler sizce deney, Ar-Ge'ye ne kadar açık?

Çok. İstedğin gibi oynayabilirsın, sınırı yok.

39. Malzeme alanındaki gelişmeleri takip etmek sizce önemli mi? Nasıl takip ediyorsunuz? Kompozit malzemeler dışında diğer ileri malzemelerle çalışmayı düşünür müsünüz?

Evet, tabi.

EK A.2

GÖRÜŞME ÇÖZÜMLEMELERİ 2 - LTG Composite

1. İsminiz, soy isminiz, öğrenim durumunuz ve mezun olduğunuz okullar nelerdir?
Levent Gür. Birmingham Üniversitesi Otelcilik okudum, aile zoruyla. Sonrasında Boston Üniversitesinde İşletme ve Finans okudum. MIT’de Uçay Uçak fakültesinde okudum. Buradaki 2 yıllık üniversitenin dengini okudum.
2. Önceki iş deneyimleriniz ve çalıştığınız pozisyonlar nelerdir?
Birinin yanında bir yerde çalışmadım. 15 yaşından beri motor sporlarının içinden geliyorum. O zaman yarış arabaları cam elyaf polyesterdi. Tamirat yapardım ben, çırağıydım. Sök parçayı götür fiberciye tamir ettir geri getir. Koca parçalarla git gel zor oluyordu. Ben de bir teneke polyester, cam elyaf aldım, kendi atölyemizin bir kenarında tamir etmeye başladım. Sonra İngiltere’ye gittim okumaya, orada Türkiye şampiyonası için bir araba hazırlıyorduk aynı zamanda, gidip geliyordum, ilgileniyordum o arabayla. Derken karbon fiberi gördüm. Karbon fiberden kompozit yapılışını gördüm. Uğraştım biraz, sonra iş üstüme kaldı. Ben yaptım oldu, oldu. O zamanlar şimdiki gibi değildi, şu anda motor sporlarına parça yapan dünyada 3-4 firma var, o zamanlar yoktu. Atölye içinde kendi ihtiyacını kendin gideriyordun sonuçta.
3. Çalışmakta olduğunuz firmadaki pozisyonunuz nedir? Kaç yıldır bu firmada çalışmaktasınız?
Firmanın sahibiyim ben. 9 yıldır işin başındayım.
4. Firma kaç yılında kuruldu? Kaç çalışanı var?
2000 yılında kuruldu firma, 9 yıldır da ileri kompozit parça üretiyoruz. Krizlerde ilk kesilen şey motor sporlarıdır. Biz 1000 metre kare alanda 15 kişiydik, 2007’de maalesef şu anda 5 kişiyiz.
5. Firmadaki departmanlar nelerdir? Firmada tasarım departmanı mevcut mu?
Tasarım departmanımız yok fakat dışarıdan yardım alıyoruz. Bir proje yaparken endüstri ürünleri fakültelerinden mezun kişileri tercih ediyoruz. Onların almış oldukları okul bilgisi, terbiye, eğitim, altyapıları bize daha yakın. Sırf mühendislik bize yetmiyor. Bugünkü şartlarda mühendislik ihtiyacını çok hızlı çözebiliyorsun. Ama endüstriyel tasarımı o kadar hızlı çözemiyorsun. Farklı düşünen, daha yaratıcı iş gücüne ihtiyaç var. Daha önce Mitsubishi için bir araç

yaptık 2003- 2005 yılları arasında, o zaman Mimar Sinan'dan arkadaşlarla çalışmıştık. Sonra o arkadaşlardan bir tanesi Volvo'ya gitti. Burada çalışmalarını iyi bir referans oldu onlar için, çok kısa zaman içerisinde çok şey gördüler. Tam ortasına düşmüş oldular işin. İngilizler ile çalışıyoruz. Proje bazında Fransızlar ile çalışıyoruz. Mesela Citroen bizden bir talepte bulunuyor, yeni C2 aracım için spota (kaput) ihtiyacım var. O tarihte Türkiye'de C2 yok, Citroen'in mühendislik bölümünden bize arabanın teknik çizimi geliyor. Onun üzerine burada bir arkadaşla oturuyorum çeşitli programlar kullanarak çalışıyoruz, sonrasında hızlı bir model işliyoruz. Gidiyoruz, bakıyoruz beraber parçaya ölçü, alıyoruz, tekrar gelip üzerinde revizyon yapıyoruz. Veya onlar datada revizyon yapıyor, bize gönderiyor, kalıbı biz yapıyoruz.

6. Firmada malzeme konusunda uzman kişi veya kişiler çalışıyor mu?

Ben tekim. Malzeme konusu çok geniş bir dünya. Ben sıfırdan geldiğim için, kazandığımdan daha fazlasını kendi öz kaynaklarımdan harcayarak öğrendim ben bu işi. Yurtdışından know-how aldık İngiltere'de Arrows F1'in kompozit bölümünden. 2 kişi gelip bize eğitim verdi. Çok paralar harcadık belki ama bunlar sayesinde öğrendik. Dönüp baktığımızda, 100.000\$ para harcamışız ama o şekilde öğrendik. Bir iş mi yapılacak, 5 farklı tip epoksi alıp denedim. Bunları yapmazsan öğrenemiyor ve tek düze bir iş yapabiliyorsun. Kompozit işi çok değişken bir iş. Kâğıt üstünde yaptığın hesaplama, planlamayla gerçek çok ender tutar, %1-3. Seçtiğin malzeme, yaptığın çalışmanın imalata girdiğin zaman kâğıt üstünde planladığınla tutması çok enderdir. Büyük bir Ar-Ge yaptık aslında. Bunun meyvelerini şimdi toplamaya başlıyorum. Bir firma geliyor, karbondan palet üretmek istiyoruz diye, istedikleri özelliklere bakıp şu epoksi burada olur diyebiliyoruz. Çünkü 20 çeşit epoksi denemişim, testlerini yaptırmışım, sonuçları görmüşüm. Motor sporlarında kullanılan kompozit aslında uçaklarda kullanılan kompozitler kadar önemli aslında. Hafif olman gerek, sağlam olman gerek, daha doğrusu yerine göre esnek yerine göre rijit olman gerek. Yerine göre de darbeye dayanıklı olman gerek. Bir sürü özellik gerekiyor bunların yanı sıra görsel özellikleri, düzgünlüğü çok önemli. Al beninin de olması gerekiyor. Bitirmelerinin çok düzgün olması gerekiyor. Motor sporları çok zor bir iş ve biz bunun işinde piştiğimiz için diğer alanlara fikir verebiliyoruz çok rahat. Zaten yurtdışında da böyle, adamlar doğru parçayı bulabilmek için belki 50 parça üretmiş. Ama bir Yılmaz Zenger'in yaptığını benim yapmam mümkün değil,

benim öyle bir estetik yapım yok. Onun yapılışıyla bizim izlediğimiz yollar çok farklı. Bana 200gr sandalye yap dersen kafa patlatırım. Ama biz daha çok mühendislik ve performans odaklı çalışıyoruz.

7. Firmanın ürün yelpazesinde ne tip ürünler mevcut?

Motor sporlarına yönelik otomobil parçaları, kapıları, depo kaplaması, aynası, arabanın içi, tavan havalandırması ve tekne parçaları üretimi yapıyoruz biz.

8. Firmanın ortalama üretim adetleri ne kadar?

Biz imalatla işçilik saati kullanıyoruz. 14 ayda bir otomobil ürettik sıfırdan, bunun üzerinde 1000'lerce işçilik saati var. 1 ürün, ama 60-70 farklı parçadan oluşan bir ürün. Onun yanı sıra, karbon fiberden senede 1200 adet ayna üretebiliyoruz. Değişiyor sonuçta, gelen işe bağlı. Bir dönem yarış koltuğu ürettik 4-5 ayda 1000'e yakın üretim yaptık. O gün öyle bir işti o bitti. Bugün yine yapabiliriz ama maliyet kurtarmaz.

9. Üretilen ürünler daha çok yurtiçine mi yoksa yurt dışına mı satılıyor?

%80 ihracat yapıyoruz biz. Türkiye'de Tofaş bizim için çok büyük bir müşteriydi. Tofaş zaten tek başına zaten Avrupa'daki 4-5 takıma bedeldi, çünkü aynı rallide Tofaş 3 tane araba yarıştıyordu. Bu da bizim için parça sayısını arttırıyordu.

10. Ürün gamının yüzde kaçını kompozit malzemelerden yapılan ürünler oluşturuyor?

LTG olarak bizim plastik imalatımızda var. Ciro bazında bakarsak ciromuzun %60'ı kompozit, %40'ı plastiktir. Gıda ambalaj sanayinde torbaları kapatmada kullanılan klipsleri üretiyoruz. İçinde tel olan plastikleri üretiyoruz. Geri kalan tamamen kompozit.

11. Firmada kompozit malzeme kullanımı ne zaman başladı? Talep nasıl ortaya çıktı?

İlk ben plastikle başladım, bayan iç çamaşırı ürettiriyordum fason. Sonra onların aksesuarlarını üretirmeye başladım. Şeffaf sutyen askılarını ürettim ekstrüderler yaptırdım, bunların imalatına başladık. Plastik imalatında işi kurmak çok zor sonrası müşterin olduğu sürece ve nakit akışını sağladığın sürece problemsiz ilerliyorsun kolayca. Kompozit öyle değil, kompozitte ilk parça ile sonuncu parça arasında her dakika işin üzerinde olman gerekiyor. Arkanı dönemezsin. Plastik işi bana vakit ve nakit olarak bir rahatlık getirdi. Ne yapayım diye düşünürken motor sporları her zaman kafamda vardı, internetten bir parça karbon aldım, epoksi

aldım, zaten CTP işinden bir takım bilgilerim vardı. Ufak tefek kendi arabama parça yaptım, sonra arkadaşların arabalarına yaptım ve bir talep oluştu biranda. Yayılınca Tofaş'tan arkadaşlar bize de yapabilir misin dediler. Düz levha üreterek başladım, karbon fiberle başladım ilk, sonra aynalar, derken iç aksesuarlar, aramid, prepreg, alt kaplamalar, kaputlar, ilerledik.

12. Kişisel olarak, kompozit malzemeyle tanışıklığınız nereden geliyor? Bu malzemeyi nerede ve hangi yollarla öğrendiniz? Ne kadar zamandır bu malzemeyi tanıyorsunuz?

Dediğim gibi kompozitle tanışıklığım eskilere dayanıyor. Bir şekilde yapa ede öğrendik, ama bazı şeyler için know-how almamız gerekti tabi ki lisanslı ürün yapabilmek için.

13. Firma olarak hangi tür kompozit malzemeler ile çalışıyorsunuz? Neden?

Ağırlıklı olarak prepreg çalışıyoruz ve infüzyon çalışıyoruz.

14. Bu tarz kompozit malzemeleri tercih etmenizdeki temel parametreler nelerdir?

Bizim hafif ve sağlam parça üretmemiz gerekiyor. Bunu da en fazla karbonla elde edebiliyoruz. Zaten müşterim beni yönlendiriyor, motor sporlarında zaten birçok parçanın tarifi bize müşteriden geliyor. Kurallar gereği zaten belli dayatmalar var. Bu koşulları da zaten prepreg ile karşılayabiliyorsun. Kullanman gereken malzeme şu özelliklere sahip olacak, karbon bu özelliklere sahip olacak diyor. Bunun dışına çıkamıyorsun.

15. Üretim, maliyet, hammadde, montaj, tamir, satış, tasarım... gibi açılardan kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Prepreg önceden epoksi emdirilmiş bir takviye malzemesi, takviye malzemeleri merdaneler arasından geçerken epoksi emdiriliyor. Reçine tetiklenmiş bir durumda, reaksiyon başlatılıyor ve şokla soğutuluyor. Bunu -18 derecede muhafaza etmek zorundasınız, bu sıcaklıkların üzerine çıkıldığında reaksiyon, kürleşme başlıyor. Proses sırasında sizde ısı ile bu işlemi hızlandırıyorsunuz. Saklama koşulları zor açıkçası.

16. Kompozit malzemelerin fiziksel özelliklerinin dışında görsel, algısal, dokunsal özellikleri sizin için ne kadar önemli? Tercihinizi etkiliyor mu?

Bir sürü özellik gerekiyor bunların yanı sıra görselinin düzgünlüğü çok önemli. Al beninin de olması gerekiyor. Bitirmelerinin çok düzgün olması gerekiyor. Sonuçta bir şov işi.

17. Kompozit malzemeyle ürettiğiniz ürünlerin tasarımları size mi ait yoksa iş yaptığınız müşterilerden sipariş olarak mı geliyor?

Beraber oldu, ilk başladığımızda firmalar bize parçalarını veriyorlardı, o şekilde yapmamızı diretiyorlardı. Fakat ben motor sporlarının içinden geliyorum ve bizim rakibimiz olan diğer firmaların benim gibi bir yarış geçmişleri yok. Motor sporlarındaki parçaların ben nasıl olması gerektiğini biliyorum fakat Subaru, Suzuki gibi bir firmada çalışan mühendis dahi kaputu tasarlayamıyor çünkü kullanımını bilmiyor. Benim tasarladığım bir parçayı onlar farklı bilgileriyle daha kullanışlı bir hale getirebiliyorlar ama temel olarak nereden başlayacaklarını bilmiyorlar. O yüzden ilk başta bize parçaların nasıl olması gerektiği hep diretildi fakat biz şöyle bir yol izledik, onların istediği parçayı verdik yanında da biz bir parça yaptık verdik. Bazen gereksiz olarak, parçanın imalatını bilmediği için diretiyor, bu şekilde istiyorum diye işin içinden çıkıyorlar. Ama o parçayı bizim dediğimiz gibi yapsak daha iyi olacak, farklı bir görseli olacak, bunu biz de tecrübe kazandıkça onlarla paylaşmaya başladık. Karşılıklı diyalogla çözdük bir şekilde.

Bizim ürünümüz olanlar da var zaten, Mitsubishi'nin aynası ve tavan havalandırması bizim. Dünyanın neresine gidersen git, ralliye gireceksen FIA tarafından onaylı olması gerekiyor. Onun için ayna ve tavan havalandırmasında benim ürünümü kullanacaksın. Kendi ürününü yaparsan daha çok kazanıyorsun, fason işlerin temrini bellidir, gelir gider. Senin yaptıkların ise hep kalır. Senin yaptığın ürün hep kalır.

18. Ürettiğiniz ürünlerde diğer kompozit türlerini tercih ediyor musunuz? Etmiyorsanız sebepleri nelerdir?

Seramik matrisli kompozitlerden birkaç denememiz var. Tübitak vasıtasıyla yaptığımız bir takım Ar-Ge işlerimiz var. Milgem için, taktik insansız hava aracı projelerimiz var. Onlar için yaptığımız bir takım çalışmalarda seramik kompozit de kullandık.

19. İleride diğer kompozit türleriyle de çalışmayı düşünüyor musunuz?

Metal matris bizim dünyamızdan çok farklı. Seramik ileri kompozit olarak önümüze daha sık gelecek bir tür, çok hızlı geliyor kendi içinde. Bir yerden sonra daha çok karşılaşmaya başlayacağız. Fakat termoplastik kompozitler yakın bir zamanda daha çok yer alacak piyasada. PP-cam elyafı, poliamid-karbon gibi kumaşlardan üretilen parçalar çok artacak. Çünkü bunların imalat süreleri hızlı,

termosetler gibi değil. Birkaç dakika içinde parça elde edebiliyorsun. Yüksek ısıya dayanımı var, iyi sonuçlar elde ediyorsun. Tabi termoset plastiklere göre avantaj ve dezavantajları var ama genel olarak avantajı çok. Dezavantajı ise termosetin verdiği rijitlik yok. Aynı rijitlik için daha çok katman gerekiyor ama polimer teknolojisiyle o da geçilir.

20. Firmada hangi üretim yöntemlerini kullanıyorsunuz, neden?

El yatırması, infüzyon, prepreg, light RTM yöntemlerini kullanıyoruz. Ama en son light RTM yapalı bir yıl oldu gerçi ama yapabiliyoruz. El yatırması ile ilgili hemen her gün bir şey yapmak zorunda kalıyoruz. Ağırlıklı olarak prepreg ve infüzyon kullanıyoruz bunlar zaman zaman birbirlerine çok yakın üretim yöntemleri. Bazı parçalarda infüzyonla prepregden daha iyi sonuç bile elde edebiliyorsun.

21. Kullandığınız üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları nelerdir? Ya da başka bir deyişle, üretim yönteminin sağladığı kolaylıklar veya zorlandığınız noktalar neler?

İnfüzyon büyük bir parça yapıyorsan, büyük bir tekne yapıyorsan güzel, hızlı. 4-5 kişi el yatırmada bir tekneyi lamine edip çıkabiliyor. Ama mesela 8 metrelik bir tekne yapıyorsan 4 kişi infüzyonla 2 günde yaparken, el yatırmasında belki 3 günde yapabilir. Belli bir boydan sonra aslında infüzyon mantıklı, gerçi hala memlekette el yatırması yapılıyor ama. İnfüzyon böyle işlerde daha ekonomik, daha hızlı. Aslında yatırım maliyeti ile de ilgili değil. 20-30 metrelik tekne yapan adam için bir vakum pompası maliyeti nedir ki.

Biz danışmanlık yapıyoruz birçok firmaya, hep şöyle şeyler görüyoruz. İşveren bu tarz yenilikleri istiyor, müşteri istiyor, fakat yönetim kadrosu çok temkinli yaklaşıyor çünkü canı yanacak olan onlar. Bunların altında ustabaşları, formenler gibi gruplar yeni yaklaşımlara gereksiz, biz zaten yapıyoruz diyor. Bu adam bunu bu şekilde yapar ve ekmeğimi elimden alır kaygısı var. Çok acı ama bu çokça karşılaşılan bir şey. Hatta bir firmada ustabaşı ciddi şekilde tehdit etti bizi, siz infüzyon yaparsanız biz işimizden oluruz şeklinde. Hâlbuki kendini bitiriyor, bu müesseseler işleri bu şekilde yapmadıkları için bir gün müşteri bulamayacak ve yine o ustabaşları işsiz kalacak.

Zorlandığımız nokta işe başlamış olmak, başladıktan sonra gerisi geliyor. Model, kalıp ve malzemelerin üretim öncesi ön hazırlığının iyi yapılması gerek. Bir takım işi bu, model, kalıp iyi olacak, malzemeler doğru malzemeler olacak.

Kompozit imalatında izlemen gereken 30 adım varsa, 30'unu da doğru atman gerekiyor ve bunu doğru ekipman ve malzeme ile atman gerekiyor.

22. Kullanmakta olduğunuz mevcut üretim yöntemlerini yeterli/tatmin edici buluyor musunuz? Farklı bir üretim yöntemine geçmeyi düşünüyor musunuz?

Doğru zamanda otoklav yatırımını yapamadık o biraz üzüyor bizi. Memlekette bana çok ihtiyaç yok, bu bir problem. Şuanda burayı kapatsam kimse etkilenmeyecek. Ya da bizim şu işlerimizi yapıyordu, gitti diyecek bir durum yok. Benim yerime de gelecek biri de yok, bu da enteresan. Hem rakibim yok, hem ihtiyaç yok. Çok dar bir pazar olmasından da kaynaklanıyor. Biz savunma sanayisine hizmet veremiyoruz, aslında birçok projede de yer aldık. Kanat açıklığı 10 metre olan insansız taktik uçak da yaptık, 4 metrelik uçak yaptık. Fakat bu alanda çok ağır şartlar var. Uçak sanayisinde istenen temiz oda standardı klâs 100.000, Formula 1'de istenen standart ise klâs 10.000. Türkiye'de bu standart ilaç sanayisinde kullanılıyor. Formula 1'de hassasiyet uçaktan daha fazladır aslında.

23. Firma olarak hammaddeyi yurtiçinden mi yoksa yurtdışından mı temin ediyorsunuz?

Her şeyimiz yurtdışı, çok acı ama. Polyester kullanıyorsak Camelyaf firmasından ya da bir iki firma daha var onlardan falan alıyoruz. Onun dışında başka hiç bir şey almıyoruz. Cam elyafı Türkiye'de üretiliyor, karbon fiber de başladı. Ama filament, keçe şeklinde cam elyafı üretiliyor. Dokuma da var, Fibrotex diye bir firma var ama birkaç tip dokuyorlar ve benim ihtiyacım için üretim sistemlerini değiştiremezler. Benim alacağım adetler düşük, senede 500 metre alacağım diye o tip üretime geçmezler normal olarak. Bizde dışarıdan alıyoruz ama ben binlerce metre alacak olsam iç piyasada bu üretilir ama öyle bir pazarımız yok. Türkiye'de Aksa yeni olarak karbon üretimine başladı. Onların denemelerinden dokumalar yaptırdık ve çok iyi sonuç elde ettik. Şu anda Aksa'nın karbonu piyasadaki diğer tüm karbonlardan çok daha iyi bir karbon. Bunu duyan herkes çok şaşıyor. Ama bunun sebepleri var. Karbon akrilik kökenli bir yapıya sahip. Bunu üretebilmek için de senin bir akrilik tesisine ihtiyacın var. Mevcut karbon üreticileri 1960 sonu 70 başındaki akrilik tesislerine sahipler. Kapasite olarak, ekipman, yatırım ve imalat metodu olarak da. Yıllarca çok büyük karlarla çalışmışlar karbonla ve sadece tesislerine bakım yapmışlar ve akrilik tesisini hiç geliştirmemiş, akrilik tarafında hiç yenilik yapmamışlar. Tesisin mevcudiyetini

korumuşlar. Aksa Türkiye'nin dünya pazarındaki, kendi pazarı içinde tek pazar lideri firması. %14'lük paya sahip ve en yakın rakibi %3-4 ile geliyor arkasından. Bunlar teknolojiye yatırım yapmışlar. Hep daha az enerji, daha kaliteli ürün için gerekli yatırımları yapmışlar. Sonuçta petrolden geliyorsun, petrolün bir türevi olan akrilonitrilden başlıyor, karbon olarak çıkıyorsun. Bu arada geçen prosesin verimliliği, kalitesi, optimizasyonu sonucu çok etkiliyor. Bugün Aksa uçak sanayisinde kullanılan karbonu üretti.

24. Malzeme seçimini hangi aşamalarda ele alıyor, gözden geçiriyorsunuz?

Mesela tekne direği yapıyorsun, direk yaparken farklı malzeme seçmen gerekiyor kaplama yaparken farklı. Daha doğrusu ürünün çalıştığı ortamda senden bir takım talepleri var. Mesela ürün diyor ki, ben arabanın altında 180 km/h hızla kayalık bir yerden geçeceğim. O zaman darbe bizim için önemli, aramid türevlerini, karbonlu aramidleri seçiyorsun. Hem esnesin darbeyi alsın hem de rijitliğini muhafaza etsin. Direk yapıyorsun mesela direğin yay gibi bükülüp tekrar o formu alması gerek, belli bir güçte durması gerek. O zaman matematiksel hesaplara gidiyorsun. Buraya ne kadar elyaf koymalıyım, bu elyaf şu güçte olursa buna dayanır diye. Detaylı gidiyorsun. T-500 değil de, T-1000 kullanalım demeye başlıyorsun. Özetle ürün kendini yönlendiriyor.

25. Tasarımın hangi aşamasında malzeme sizin için belirleyici oluyor?

İşin başından seçiyoruz malzemeyi, sonuca kadar da tercihimizi sorguluyoruz, farklı bir dokuma türünden yapsaydık sonuç ne olurdu diye, ya da farklı bir malzeme ne sonuç verirdi şeklinde.

26. Bir ürünü tasarlarken, üretirken malzeme sizin için ne derece önemlidir?

Malzeme tabi ki çok önemli, çünkü malzeme olmadan bir şey yapamazsın. Hammaddenin mevcudiyeti, fiyatı, ulaşılabilirliği önemlidir. Seramik kompozitten bir şey yapacaktık, para var ama adam malı satmıyor. Niye, bununla roket yapabilirsin diyor, anlatıyoruz böyle bir firmayız, gel beraber yapalım diye ama satmıyor. Çünkü ileri kompozite gittiğin zaman ufak firma olunca bunlar oluyor. Daha büyük firmaların hurdalarından malzeme aldığımız oldu. Ama kullanılamaz hurda değil, uçak için raf ömrü geçmiş ama araba aynası yapabilirsin onunla, giderken dağılmaz arabada ayna sonuçta.

27. Bir tasarımcı olarak malzeme seçiminde zorlanıyor musunuz? Sizi en çok ne zorluyor?

Ben tasarımcı değilim, ralli sporunun içinden geldiğim için parçaların nasıl olması gerektiğini, neye ihtiyaç duyulacağını tahmin edip parçaları yapıyorum. Malzeme konusunda da yılların verdiği bir deneyim olduğu için artık çok zorlanmıyoruz.

28. Çalıştığınız müşterilerinizin kompozit malzeme ile üretirmek istedikleri tasarımlarda sizce malzeme bilgisi hâkim mi?

Tabi, sonuçta iş yaptığımız kişiler de motor sporlarına yıllarını vermiş kişiler, firmalar. Dünyadaki en büyük otomotiv firmalarına iş yapıyorsunuz sonuçta. Birde söylediğim gibi zaten malzemenin hangi standartlarda olması gerektiği tanımlı.

29. Yurtdışında belirli bir malzeme üzerinde uzmanlaşmış tasarımcıların sayısı fazla iken Türkiye’de bu sayının yüksek olmayışını siz neye bağlıyorsunuz? Türkiye’de bu tür bildiğiniz örnek var mı?

Yurtdışında bildiğim örnek yok ama Yılmaz Hoca’yı biliyorum Türkiye’den.

30. Firma olarak malzeme ile ilişkili bir tür meslek içi eğitim, fuar, konferans, atölye çalışmasına... vs katılıyor musunuz? Bu tür etkinliklerin önemli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

Yurtdışında katıldığımız fuarlar var. JEC fuarına gittim mi mutlaka 1-2 seminere katılırım. Katıldığım seminerde, uçakla ilgili, rüzgâr enerjisiyle ilgili katıldım. Seminerlere katılmak faydalı ama buradaki x firmanın düzenlediği seminer değil. Orada yapılanlarda çok büyük firmalar var ben yabancıyım, onlardan öğreniyorum, dinleyici olarak gidiyorum. Burada yapılanlarda körler sağarlar bir birini ağırlar olunca bir şey olmuyor.

31. Sektörünüzde kompozit malzemeye üretim yapan başka firmalar var mı?

Dünyada bizim alanımızda 2-3 firma var. Türkiye’ye de birkaç firma kazandırdık, karbon epoksi ürün yapan. Bir arkadaş dalgıç paleti ve zıpkın üretiyor, bir başkası müşteri olarak geldi tüm sistemi kurduk ona. Başka firmalarda var arabalar için modifiye firmaları, biz sonuçta işletme kurulumundan ürün çıkarma aşamasına kadar bir know-how veriyoruz. Bunları yaptıkça bendeki bilgi öyle bir duruma geldi ki, palet, uçak yapımını, araba yapımını da biliyorsun. Bilgi genişledikçe de çok daha hızlı ve net sonuca gidebiliyorsun.

32. Sizce sektör için kompozit kullanımı ne kadar önemlidir?

Zaten başka malzemelerle motor sporlarında başarıyı elde etmek artık imkânsız gibi. Kompozit bu işin olmazsa olmazlarından.

33. Kompozit sektörünün Türkiye'deki yeri hakkında ne düşünüyorsunuz? Sizce hangi sektörlerde kompozit malzemelerin önü daha açık, neden?

El yatırması işinde Türkiye'ye daha çok iş gelecek çünkü Avrupa'da emisyon kurallarından dolayı stiren emisyonlarından dolayı infüzyon ile ilgili imalat başladı, kapalı kalıp yapman gerekiyor. Türkiye'de bunun kontrolü yok. Onun için Avrupa'daki açık kalıp imalatı buraya kayıyor. Bu durumun farkında olan var olmayan var. Mesela Fas, Tunus, Cezayir'de bu iş bizden çok ilerideler, neden sistemi kurmuşlar çünkü.

34. Sizce kompozit malzemeler Türkiye'de yeterince kullanılıyor mu?

Çok bilinmiyor. Piyasa çok bilmiyor. Mesela aşağıdaki bir makinemize basit bir emniyet parçası yapacağız, el yatırmasıyla hemen yaptık, boyattık. Başkası onu sacdan yapıyor. Koca bir sac al, kıvrır, kes yapacaksın, paslanacak, ağır olacak. Ne gerek var ki buna polyester çok daha ucuza geliyor. İnsanlar genelde nerede ne kullanacağını bilemiyor. Muazzam bir ön yargı var ayrıca. Metale göre hafif de olunca insanlar bakıp, bu dağılır gider diyor. Böyle bir mantık var. O dağılır gider dediği şeyi biz burada jet taşıyla kesip yok edemiyoruz. Metal hâlbuki kendi kendine yok oluyor zaten.

35. Kompozit malzemelerin yaygınlaşacağını düşünüyor musunuz?

Çok artacak. Enerji dediğin zaman, hafif sağlam daha doğrusu optimize bir şey yakalaman gerekiyor. Olabildiğince hafif ve olman gerektiği kadar da mukavim ve sağlam olman gerekiyor. Bunu da en kontrollü kompozitle yakalayabiliyorsun çünkü kompozitte istediğin yere istediğin kadar malzeme atarak kontrol edebiliyorsun. Fakat imalat metodu çok yavaş, mesela bir çuval hammaddeyi açıp atıyorsun rotasyon kalıbına. Kalıp sallan yuvarlan dönüyor 1 saat sonra devasa bir su deposu elde edebiliyorsun. Aynısını kompozitten elde etmen günler sürüyor. İmalat metodu, maliyet, senin nereye gittiğin bunlar hep birbiriyle alakalı şeyler. Ama bu iş daha da ucuzlayacak ilerde. Gerçi belli de olmaz çünkü ben bu işe ilk başladığımda, ilk karbonumu metrekaresi 9 dolardan almıştım. 2004 krizinde 25 €'ya çıkmıştı fiyat, bugün aynı mal 20'nin altına düştü. Aslında petrol fiyatına bakarsan 2001 ile bugün arasında benzer bir değişiklik yok. Ne var, arz talep dengesi var, arz talebi tetiklemiş.

36. Kompozit malzemelerin önündeki en büyük engel nedir?

İmalatçı gelmiyor, insan gelmiyor. İmalatçılar kaçıyor işten, çünkü işçide problem var. Daha doğrusu bu bir kısır döngüdür. İmalatçı doğru imalat şartlarını hazırlamıyor, gelen işçi çarpık yapıda, pislik ve hengâme içinde çalışmak istemiyor. O yüzden yeni işçi gelmiyor. Mesela Bursa'da bir firma var, bal dök yala. El yatırması, infüzyon parçalar yapıyor, kadınlar çalışıyor imalatla ve çok temiz. Diğer tarafta başka bir firmada, büyük ve tanınmış bir firma ve de, içeride 10 dakikadan fazla duramazsın, havalandırma yok, tiner, polyester çarpıyor. Adam bir tarafta jelkot atıyor diğer tarafta tıraşlama yapıyor. Bir düzen yok, herkes bir arada. Böyle bir ortamda işçi barındıramıyorsun. Diğer taraftan sistemi oturmuş, doğru çalışma şartları olan firmada sağlık, işçilik, malzeme, imalat metotları, imalat alanları doğru, bölünmüş, havalandırmalı, bunlar doğru olunca daha az zamanda, daha ucuza, daha sağlıklı daha çok iş üretiyor. İmalatçıların kafayı değiştirmesi gerek ki işçi bulabilsinler.

37. Kompozit malzemeler sizce deney, Ar-Ge'ye ne kadar açık?

Çok, sonsuz. Ar-Ge dediğin şey arayarak, deneme yanılmalarla bulmak demek. İşin tarihçesinde de böyle. Amerika'da bir firma cam elyafını geliştiriyor bir diğeri polyesteri farklı amaçlar için, adamın teki de bunları birleştiriyor kaza sonucu ve başlıyor kullanmaya. Sonu yok bu işin. Mantık çerçevesi içinde deneyeceksin tabii bunu. Türkiye'de bunun aksi çok yaygın bir şey. Polyesterin içine tiner, tebeşir tozu katan adamlar var. Tamamen bilgisizlikten ve bununla gurur duyuyorlar, 100 kg parça yaptım ama bu yarına hafifler diyor tiner uçunca. Piyasada hep kemikleşmiş yanlış bilgiler var.

38. Malzeme alanındaki gelişmeleri takip etmek sizce önemli mi? Nasıl takip ediyorsunuz? Kompozit malzemeler dışında diğer ileri malzemelerle çalışmayı düşünür müsünüz?

Tabi, isteriz. Malzeme alanını da takip ediyoruz zaten. Farklı üretim metotları var yapmaya çalıştığımız.

EK A.3

GÖRÜŞME ÇÖZÜMLEMELERİ 3 – SAFTERMOBO

1. İsminiz, soy isminiz, öğrenim durumunuz ve mezun olduğunuz okullar nelerdir?
Yusuf Şehitoğlu. Doktor Jeomorfologum ben, Yerbilimciyim. İstanbul Üniversitesi Deniz Ürünleri ve İşletmeciliği mezunuyum, yüksek lisansımı çevre üzerine yaptım. Doktoramı da Giresun bölgesindeki belirli bir alandaki, belli bir yüksekliğe kadar olan bölgenin sosyo-ekonomik ve coğrafi bağlantısını inceledim. Esas mesleğim benim şantiyecilik.
2. Önceki iş deneyimleriniz ve çalıştığınız pozisyonlar nelerdir?
Atatürk barajında sondaj mühendisliği yaptım. Su tutma sorumlularından biriydim. STFA’da Galata Köprüsü şantiye şefliği yaptım. Sazlı Dere Barajı’nın şantiye şefliğini yaptım sonra da Büyükşehir Belediyesi Metrosu’nda çalıştım. 94-98 seneleri arasında akademisyenlik yaptım. Sonra da polyester işine girdim.
3. Çalışmakta olduğunuz firmadaki pozisyonunuz nedir? Kaç yıldır bu firmada çalışmaktasınız?
2000 yılından bu yana işletme müdürü olarak çalışıyorum.
4. Firma kaç yılında kuruldu? Kaç çalışanı var?
1996 yılında kuruldu. CAMELYAF’ın yaptığı Mobo adını verdiğimiz güvenlik kabinlerini öncelikle CAMELYAF yapıyordu, daha sonra CAMELYAF bunu kompozitle uğraşan firmalara yaptırdı. 1996 yılında SAFTER firması CAMELYAF’tan patentini aldı, halen patenti bizim. Ama Türkiye’de bu ürünlerin aynısı yapan firmalar var Türkiye’de patentle ilgili problemler olduğu için. Biz farklı modeller üretmeye çalışıyoruz ama adam satın alıyor, hemen o ürünlerden kalıp çıkartıyor ve kopyalıyor. Bizim toplam 70 kişi kadar çalışanımız var. Daha fazlaydık ama son kriz sebebiyle küçülmeye gitmek zorunda kaldık.
5. Firmadaki departmanlar nelerdir? Firmada tasarım departmanı mevcut mu?
Ar-Ge bölümümüz, satın alma bölümümüz, satış bölümümüz var ve üretim bölümümüz var. Ayrıca şubelerimiz var. 1 tasarımcı çalışıyor, kabin ve tekne tasarımlarımızı yapıyor.
6. Firmada malzeme konusunda uzman kişi veya kişiler çalışıyor mu?
Malzeme alanında uzman ya da mühendis bir çalışanımız yok ama çok eskiden beri bu işi yapan, işin mutfağından gelmiş bir firmayız, patronumuzda öyle.

Bizlerde malzemeyi öğrendik. Ben tamamen farklı bir sektörden gelmeme rağmen belirli nosyon almış, eğitimden geçmiş insanlar olduğumuz için sürekli okuyarak ve kendimizi geliştirerek malzeme alanında bilgi sahibi olduk. Zaten kullandığımız malzemeler hemen hemen aynı, cam elyafın farklı türde takviyelerini kullanıyoruz, farklı ağırlık ve dokumalarda. Polyesterde zaten genel amaçlı polyester kullanıyoruz. Panellerde izolasyon için poliüretan da kullanıyoruz. Tekne için özel polyesterlerimiz var müşteri isteğine göre yanmaz polyester de kullanıyoruz tabi. Malzemelere yıllardır aşina olduğumuz için malzeme alanından birini çalıştırma gereği hissetmiyoruz.

7. Firmanın ürün yelpazesinde ne tip ürünler mevcut?

Güvenlik kabinleri, zırhlı kabinler, ATM kabinleri, tekneler, sandallar, motor botlar, deniz bisikletleri, şehir mobilyaları üretiyoruz. Zaman zaman farklı talepleri de üretimi aksatmayacak şekilde yerine getiriyoruz.

8. Firmanın ortalama üretim adetleri ne kadar?

Kabin olarak ayda 300 kabin ve üzerinde yapabiliyoruz çeşitli boylarda.

9. Üretilen ürünler daha çok yurtiçine mi yoksa yurt dışına mı satılıyor?

Kabin ürünümüzde yaklaşık üretimimizin % 50'sini ihraç ediyoruz. Romanya'ya, Yunanistan'a, Bulgaristan'a, Ukrayna'ya ihraç ediyoruz, teknede de öyle. Ama tabi tekne kabin gibi değil, tekne üretimimiz yaklaşık %10-15 gibi ihraç ediyoruz. Hollanda'ya da tekne ihraç ediyoruz artık. Tekne konusunda daha çok yeniyiz, 6-7 senelik bir geçmişimiz var. Ama şu yüzden tekneye geçtik, çünkü malzemeyi tanıyoruz, başka ne yapılabilir diye araştırdık, deniz ürünlerinde de avantajlı olduğunu biliyoruz, bizim için yapmamız gereken sadece kalıplarını üretmek oldu. Daha önce bu işleri yapmış kişilerden kalıpları aldık, önce deniz bisikleti, kanolar, ufak filika üretimiyle başladık sonra çok hızlı adımlarla büyüyerek tekneye geçtik. Yılda 750 parça kadar tekne parçası üretiyoruz. Bu sektörde ciddi bir rakamdır. Bu konuda özellikle 2,5 metreden başlayıp, 6-7 metreye kadar olan tekne modellerinde çok hızlı bir şekilde büyüdük ve ürettik. Pazar payının ciddi büyük bir rakamı bizim elimizdedir, kabin de olduğu gibi.

10. Ürün gamının yüzde kaçını kompozit malzemelerden yapılan ürünler oluşturuyor?

Tamamı kompozit malzemelerden oluşuyor.

11. Firmada kompozit malzeme kullanımı ne zaman başladı? Talep nasıl ortaya çıktı?

Az önce bahsettiğim gibi 96 yılında CAMELYAF'ın kompozit işini yaparak başladık.

12. Kişisel olarak, kompozit malzemeye tanışıklığınız nereden geliyor? Bu malzemeyi nerede ve hangi yollarla öğrendiniz? Ne kadar zamandır bu malzemeyi tanıyorsunuz?

Ben farklı bir nosyondan geliyorum söylediğim gibi ve bu işin içine girince, malzemenin ne olduğuna, üretimine dair bilgileri iş yaptıkça, önümüze çıkar zorlukları aşarken öğrendim. Kendimi geliştirdim bu alanda.

13. Firma olarak hangi tür kompozit malzemeler ile çalışıyorsunuz? Neden?

Cam elyafın ürettiği keçe kullanıyoruz, farklı çeşitlerini uygulamaya göre tercih ediyoruz. Mukavemet gerektiren yerlerde tek eksenli dokumalar kullanıyoruz cam elyaf takviyeli. Zırhlı kabinlerde yapıyoruz yurtiçi ve yurtdışı için, karbon takviye de kullandığımız oldu.

14. Bu tarz kompozit malzemeleri tercih etmenizdeki temel parametreler nelerdir?

Yaptığımız ürünler genel amaçlı polyester ve keçe takviye malzemeleriyle yapıldığı için bunlar hem fiyat anlamında da uygun. Üretim aşamasında da sorun çıkarmayan malzemeler bunlar. Ancak siparişe göre farklı malzemelere de yönelebiliyoruz.

15. Üretim, maliyet, hammadde, montaj, tamir, satış, tasarım... gibi açılardan kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Başta bahsettik aslında. En büyük avantajı hafif oluşu ve mukavim oluşu ayrıca korozyon dayanımı da çok iyidir. Dezavantaj olarak da yanma konusunda, bir handikap var ama alevli yanmayı engelleyici jelkot ve polyesterlerle onu da halledebilirsiniz. Zehirli atıklar var birde, aseton, stiren, kirlenmiş olan bezler oluyor bunlar kansorejen maddelerdir. Bunları ayrıca biriktirip özel yakma firmalarına gönderiyoruz, bertaraf ediyoruz üzerine para verip. Çünkü bunlar doğada tamamen yok olan malzemeler değil, bulunduğu ortama çok zarar veren malzemelerdir.

16. Kompozit malzemelerin fiziksel özelliklerinin dışında görsel, algısal, dokunsal özellikleri sizin için ne kadar önemli? Tercihinizi etkiliyor mu?

Önemli tabi, yaptığımız işin kalitesini gösteriyor. Ürünlerin temiz ve düzgünlüğüne dikkat ediyoruz.

17. Kompozit malzemeyle ürettiğiniz ürünlerin tasarımları size mi ait yoksa iş yaptığınız müşterilerden sipariş olarak mı geliyor?

Ürünlerin tasarımları firma içinden tasarımcı arkadaşımız tarafından yapılmakta. Bazı özel durumlarda müşteri de kendi tasarımlarıyla gelebiliyor. Mesela şehir mobilyası olarak belediyeye arkasında şiirler yazılı olan kitap formundaki oturma birimlerinden ürettik. Onların tasarımını Mimar Sinan'dan bir hoca yaptı, büyükşehir belediyesi işi bize verdi, biz de onlar adına üretim yaptık. 2000 tane civarında ürettik.

18. Ürettiğiniz ürünlerde diğer kompozit türlerini tercih ediyor musunuz? Etmiyorsanız sebepleri nelerdir?

Yok, diğer kompozit türlerini kullanmıyoruz. Bizim işe, yaptığımız ürünlere uygun malzemeler değil. Maliyeti, nakliyesi, üretimi bize uygun değil. Malzeme ürüne uygun değil bunların da ötesinde.

19. İleride diğer kompozit türleriyle de çalışmayı düşünüyor musunuz?

Şuanda bu tarz bir durumumuz yok. Ama yeni üretim yöntemlerine geçmek istiyoruz.

20. Firmada hangi üretim yöntemlerini kullanıyorsunuz, neden?

Kabin ürünlerinde soğuk kalıplamayla çalışıyoruz. En yaygın yöntemdir. Belki zaman ve maliyet açısından pahalı bir yöntem ama hata payı daha az bir yöntem. Olaya anında müdahale şansınızın olduğu bir yöntemdir. İsteddiğiniz kalınlık ve ebatlarda üretim yapabiliyorsunuz. Olaya anında müdahale şansınızın olduğu bir yöntemdir. İsteddiğiniz kalınlık ve ebatlarda üretim yapabiliyorsunuz.

21. Kullandığınız üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları nelerdir? Ya da başka bir deyişle, üretim yönteminin sağladığı kolaylıklar veya zorlandığınız noktalar neler?

Üretim aşamasında ortaya çıkan atıklar, kullandığınız malzemelerden çıkan zehirli gazlar, buharlar, çalışma ortamı sıkıntılı. Önlem alarak çalışmak lazım, ama Türkiye'de her yerde olduğu gibi önlem alsanız bile bir yerden sonra işçi sıkılıyor, maskeyi çıkarıyor. Bunu anlatamıyorsun, o bilinç maalesef oturmadı. Eğitim çok noksan ve Türkiye'de yüksek tahsilli insan sayısının genel nüfuza oranı çok düşük, %4'ler civarında. Oldukça komik bir rakam 70 milyonun %4'ü. Bu bilinç zamanla olacaktır.

22. Kullanmakta olduğunuz mevcut üretim yöntemlerini yeterli/tatmin edici buluyor musunuz? Farklı bir üretim yöntemine geçmeyi düşünüyor musunuz?

Hız, maliyet ve de işçilik giderleri bakımından vakumla ve enjeksiyon yöntemi çok daha uygun ve teknolojik diye düşünüyorum. Burada yerimiz uygun değil, yeni fabrikaya geçtiğimizde inşallah.

23. Firma olarak hammaddeyi yurtiçinden mi yoksa yurtdışından mı temin ediyorsunuz?

Hammaddede takviye malzemelerini ŞİŞECAM firmasından alıyoruz yıllardan beri. Polyesteri de farklı firmalardan yurtiçinden temin ediyoruz. Aradığımız hammaddeleri yurtiçinden bulabiliyoruz, tabii bunların ithal olanları da var. Bazıları fiyat olarak daha uygun mesela Çin'den gelen elyaflar ama biz kullanmıyoruz, tercih etmiyoruz.

24. Malzeme seçimini hangi aşamalarda ele alıyor, gözden geçiriyorsunuz?

Kalıp yapım aşamasından nihai ürüne kadar, kalıbın ne gibi ortamlarda çalışacağına göre bir kalıp yapması lazım, kaç kat keçe konacaksa onları bilmesi lazım.

25. Tasarımın hangi aşamasında malzeme sizin için belirleyici oluyor?

Malzeme bizim işte aslında en başından belli, yani yıllardır aynı malzemeyle çalışıyoruz. Farklı talepler geldiğinde tabi ki malzemenin ne olacağına başta karar veriyoruz.

26. Bir ürünü tasarlarken, üretirken malzeme sizin için ne derece önemlidir?

Malzeme en önemli kalemlerden biri bu işte. Sonuçta bizim tüm ürünlerimiz kompozit üzerine.

27. Bir tasarımcı olarak malzeme seçiminde zorlanıyor musunuz? Sizi en çok ne zorluyor?

Bizde durum şöyle, şimdi işe aldığımız tasarımcı önce işin mutfağına girdi. Elyafı, polyesteri, malzemeyi öğrendi önce. Ondan sonra da o malzemedan nasıl ürün yapabileceğini öğrendi. Mesela biz önce kalıp hazırlarız, kalıp aşamasında önce ahşaptan modelini yaparız, o ahşap modelden zımparası, cilası parlatması falan, o kalıbın üzerinden bir polyester kalıp alıyoruz. Sonra o kalıbı çıkartıyoruz, tekrar zımparalanıp parlatılıyor pırıl pırıl oluyor ondan artık nihai ürün alıyoruz. O zaman şunu bilmek zorunda, ben bunu ahşaptan yaparken şunları kullanabilirim, bu kalıbı ne sıklıkta kullanacaksam o kalıba göre malzemenin kaç kat olacağına karar veriyor. Sonuçta kalıp da polyester ve çelik değil sonuçta

dayanabileceği belli bir sayı var kalıp olarak. Tasarımcının bunları bilmesi lazım tabii geçmişten gelen deneyimlerde var firmada, bu işler biraz böyle gidiyor. Bu sektörde bilgili insan sayısı az. Yetişmiş personel az, var ama cahil yetişmiş personel var üretimde. Alaylı dediğimiz, bir şekilde öğrenmiş ama artık yeterli değil. Edinilmiş bilgilerin bir kısmı yaşanmış tecrübelerden ki bunları da dikkate almak lazım, önemlidir. Sonuçta adam bunları yaparken pratikte bir takım şeyleri görmüş. Ama işte tasarımcılarda o bilgi olmadığı için, belli bir süre işin mutfağında malzemeyi öğrenmeleri şart. Tasarımcılar neyi nasıl yapmaları gerektiğini işin içine girdikçe uygulamalarda görerek, öğrenerek kavıyıyorlar. Kitaplarda tasarımcıların hangi malzemeyi kullanacağı yazsa da, işin pratik kısmı öyle değil. Ama sadece tasarımcı için değil mimar, inşaat mühendisi, yer bilimci için de öyle.

28. Çalıştığınız müşterilerinizin kompozit malzeme ile üretirmek istedikleri tasarımlarda sizce malzeme bilgisi hâkim mi?

Genelde biz kendi ürünlerimizi yapıyoruz. Dediğim gibi dışarıdan özel sipariş geldiği zaman üretimi aksatmayacak şekilde devreye alıyoruz ama onlarda da müşteri bize isteğini iletiyor. Malzemeyi belirleyen sonuçta yine biz oluyoruz.

29. Yurtdışında belirli bir malzeme üzerinde uzmanlaşmış tasarımcıların sayısı fazla iken Türkiye’de bu sayının yüksek olmayışını siz neye bağlıyorsunuz? Türkiye’de bu tür bildiğiniz örnek var mı?

Yok.

30. Firma olarak malzeme ile ilişkili bir tür meslek içi eğitim, fuar, konferans, atölye çalışmasına... vs katılıyor musunuz? Bu tür etkinliklerin önemli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

Fuar, sergi bunlar çok önemlidir. Firma olarak işin bilincindeyiz. Kompozit ürünlerimizle alakalı fuarlara katılıyoruz, yapı fuarları olsun, tekne fuarları olsun. Kompozit fuarına zaten katılıyoruz, sonuçta bizim sektörümüz.

31. Sektörünüzde kompozit malzemeyle üretim yapan başka firmalar var mı?

Çok var. Karmod ve Fibertürk diye iki firma var.

32. Sizce sektör için kompozit kullanımı ne kadar önemlidir?

Kompozit malzeme çok kolay bir malzeme onarım, bakım, tamiri kolay, şekil vermesi kolay ama sertleştğinde bir o kadar da çelik kadar çok sert ve bunların yanında çok hafif bir malzeme. Mesela cam elyafıyla ağırlık verebilirsiniz, elyaf keçeyle ama bir karbon elyafıyla yapıyı çok hafifletebilirsiniz. Çok büyük

parçalarda kesme kuvvetlerini karşılayabiliyor özellikle uçakların kanatlarında, özellikle son dönemlerde rüzgâr türbinlerinin büyük kanatlarında ve otomotiv endüstrisinde ve daha birçok yerde kullanılıyor. Bu malzeme 21. yüzyılın en önemli malzemesi kompozit. Hayatımızın her yönünde var ve yaygınlaşıyor giderek. Çünkü şekil vermesi kolay, bozulduktan sonra tamir etmesi çok kolay bir malzemedir.

33. Kompozit sektörünün Türkiye’deki yeri hakkında ne düşünüyorsunuz? Sizce hangi sektörlerde kompozit malzemelerin önü daha açık, neden?

Otomobil endüstrisinde önü çok açık, motor yat, motor bot sektöründe de keza, şuanda da zaten bütün dünyaya çok başarılı çalışmalar gidiyor Türkiye’den. Bahçe ve şehir mobilyalarında kullanılıyor, oyun parklarında, açık hava alanlarındaki spor gereçlerinde falan da çok kullanılıyor son dönemde.

34. Sizce kompozit malzemeler Türkiye’de yeterince kullanılıyor mu?

Bence yeterince kullanılıyor.

35. Kompozit malzemelerin yaygınlaşacağını düşünüyor musunuz?

Giderek de yaygınlaşacağına eminim. Savunma sanayisinde de kullanılıyor. Askeri alanlarda kullanılıyor, düşünsene binlerce askere miğfer lazım fiberden.

36. Kompozit malzemelerin önündeki en büyük engel nedir?

Üretim yapan firmalarda teknik personel eksikliği var. İşçi bir şekilde işi öğreniyor 2-3 ay sonra, ama onu yönlendirecek teknik personel eksikliği çok fazla. Bu anlamda yetişmiş mühendis eksik, tasarımcı eksik, kimyacı eksik. Ayrıca geri dönüşüm konusu bir dezavantaj, biraz yeni, ama biz fabrikamızda üretim esnasında malzemenin kenarından çıkan çapakları öğütme makinesinde öğütüyoruz, yaklaşık 2-4 mm arası boyutlarda öğütüp kırpıntı yapıyoruz, onu da macuna karıştırıp tekrar kullanma imkânımız var. Ayrıca çıkan atık malzemeyi çimento fabrikalarında yakarak bir değer elde ediyoruz. Çünkü atıkların kalori değeri yüksek, normalde büyük fırınlarda lastik falanda yakıyorlar. Bizde de ciddi bir atık çıkıyor bu fabrikaların bizim atıkları kalori değeri de yüksek olduğu için de değerlendirme imkânı var.

37. Kompozit malzemeler sizce deney, Ar-Ge’ye ne kadar açık?

Fazlasıyla açık malzemeler ve de bu işte mutlaka Ar-Ge ve deney çok gerekli. Bu işleri yapanlar da bu işlerden çok memnun kalırlar eminim. El sanatlarından hoşlanıyorsan çamur gibi bu, eline alıyorsun şekillendiriyorsun. Şekillendirdiğin

şeyden bir kalıp ve sonrasında ürün alıyorsun, ortaya bir şey çıkartıyorsun. Ortaya benim diyebildiğin bir şey çıkartmak çok önemli.

38. Malzeme alanındaki gelişmeleri takip etmek sizce önemli mi? Nasıl takip ediyorsunuz? Kompozit malzemeler dışında diğer ileri malzemelerle çalışmayı düşünür müsünüz?

Bu alandaki gelişmeleri tabi ki takip ediyoruz, bunun, dünyada olup bitenden haberdar olmanın öneminin farkında olan bir firmayız. Ancak firma olarak ürünlerimiz polimer esaslı kompozitlerin dışındakilere uygun değil, ama olmaz diye bir şey yok.

EK A.4

GÖRÜŞME ÇÖZÜMLEMELERİ 4 - GAEAForms

1. İsminiz, soy isminiz, öğrenim durumunuz ve mezun olduğunuz okullar nelerdir?
“İsmim Tuğrul Gövsa. İngiltere’den mezunum ben Coventry üniversitesinden, Ulaşım Araçları Tasarımı bölümünden 99 senesinde mezun oldum. Sonra geri geldim.”
2. Önceki iş deneyimleriniz ve çalıştığınız pozisyonlar nelerdir?
“Okuldan döndükten sonra bir yaklaşık 6-7 ay babamla çalıştım, inşaat işi yapıyordum. Arkadaşlarım tekne üretiyorlardı, askere gidene kadar, 1999’dan 2001’e kadar iki sene orada çalıştım. Tekne imalathanesinde çalıştım, tersanede. Ondan sonra askere gittim, sonra da kendi işimi kurdum.”
3. Çalışmakta olduğunuz firmadaki pozisyonunuz nedir? Kaç yıldır bu firmada çalışmaktasınız?
“Firma sahibiyim. 6 yıldır firmamın başındayım.”
4. Firma kaç yılında kuruldu? Kaç çalışanı var?
2003 yılında 3 kişiyle başladık sonra 18 kişiye kadar çıkmıştık. Kompozitle cam işleme ve mobilyayı birleştirdik. Şu anda yaklaşık olarak 27 kişiyiz. Bunlardan 6-7 kişi kompozitle ilgili olarak çalışıyor, diğerleri fabrikanın diğer yerlerinde çalışıyor.
5. Firmadaki departmanlar nelerdir? Firmada tasarım departmanı mevcut mu?
Tasarım departmanın da şu an tasarımcı olarak, ürün Ar-Ge konusunda 3 kişi var.
6. Firmada malzeme konusunda uzman kişi veya kişiler çalışıyor mu?
Bu konuda uzman kimse yok, biz kendimiz yetiştirdik. Malzeme mühendisliği okumuş herhangi bir insanımız yok.
7. Firmanın ürün yelpazesinde ne tip ürünler mevcut?
Endüstriyel buzdolabı gövdeleri yapıyoruz. Motosiklet kaskı ve buz hokeyi sopalarına artık devam etmiyoruz. Daha önce fason çalışıyorduk ancak artık Gövsa kompozitte dışarıya ürün yapmıyoruz, kendi markamıza ürün yapıyoruz, sadece kendi markamıza kendi ürünlerimizi yapıyoruz.
8. Firmanın ortalama üretim adetleri ne kadar?
Üretim adetleri oldukça değişken, kendi markamız olduğu için öyle bir seri imalatımız yok. Kompozitte durum böyle. Otomotiv yan sanayisine hizmet veren fakat kompozit malzeme kullanan firmalar, bunlar seri imalat yapıyorlar.

Malzeme temelli kompozit üreticileri değil, değişik yan sanayilere hizmet veren insanlar.

9. Üretilen ürünler daha çok yurtiçine mi yoksa yurt dışına mı satılıyor?

Yurtdışına eskiden daha çok ürün satıyorduk, fason çalışırken. Şimdi ağırlıklı yurtiçine ürün veriyoruz, %70 – 80.

10. Ürün gamının yüzde kaçını kompozit malzemelerden yapılan ürünler oluşturuyor?

Yaklaşık olarak % 15'ini kompozit malzemeler oluşturuyor.

11. Firmada kompozit malzeme kullanımı ne zaman başladı? Talep nasıl ortaya çıktı?

Ben arkadaşlarımın yanında çalışırken tekne imal ediyorduk, orda bize sıklıkla kompozit malzemeyle üretim için talep geliyordu. Fakat arkadaşlar bizim alanımız tekne, tekneden başka bir şey üretemeyiz dediler. Ben askere gittim, döndükten sonra bir 6 ay kadar daha orda çalıştım. Dedim ki; burada bir sürü insan gelip gidiyor, kompozitten değişik şeyler istiyorlar, tekne için parça istiyorlar, ufak tefek, uçuk kaçık şeyler istiyorlar. Onları da yapalım dedim, arkadaşlar bu fikrime sıcak bakmadı. Ben de bu işi seviyordum, okulda da okuduk çünkü. O zaman, bunları üreteyim bir yerde dedim. İlk başlarda onlara da parça veriyordum ben, gelen ufak tefek aksesuarlar, tekne için olan parçaları. Biz kendi yolumuzu çizmiş olduk, yani en başından beri, firmayı kurduğum günden beri kompozit malzeme kullanıyorum, zaten o şekilde başladık.

12. Kişisel olarak, kompozit malzemeyle tanışıklığınız nereden geliyor? Bu malzemeyi nerede ve hangi yollarla öğrendiniz? Ne kadar zamandır bu malzemeyi tanıyorsunuz?

Hem bu anlattığım şekilde oldu, hem de okulda okumuştuk zaten biz malzeme konusunda. Ulaşım araçları ya plastik malzemelerden oluyor ya da sert metallerden oluyor. İkisini de öğrenmek zorundaydık. Malzemeyi bilerek işe girdik, sonra yavaş yavaş işler büyüdü, ısın tedavisinde, yani kanser tedavisinde kullanılan karbon masalardan yaptık, buz hokeyi sopasını İsviçreli bir firmaya fason olarak yüksek adetlerde yaptık, motosiklet kaskı ve balistik levha yaptık. Teknelere radar direkleri yaptık. Ama bunlar sürekli değildi. Radyoterapi masası diyelim senede 10-15 tane oluyor, ya da duruma göre değişiyor 5-6 oluyor, öyle bir seri imalat yok. Yani sürekli çarkı döndürmek için çok yüksek adetler gerekiyor. Mesela buz hokeyi sopası sezonluk bir iştir, daha çok kışın alınan

yazın hiç alınmayan bir üründür. 2-3 ay alınıyor ondan sonra duruyor. Motosiklet kaskı da yazı girerken artış gösterir. Durum böyle olunca bunu idare ettirmek zor oluyordu, çünkü bazen 18 kişinin, sezona göre 10 kişi olmak zorundasın. Sürekli dalgalanan bir durum var. Bir de endüstriye girmiş, çok yaygın olan bir malzeme değil, öyle bir dezavantajı var. Yani kompozitin üretimi bir kere meşakkatli, ikincisi ürettiğiniz parçaların çoğunu geri dönüştürülebilir değil, şimdi bu da çevreci değil esasında. O yüzden de insanların çoğu bir şey tasarlarlarken malzemenin hem ucuz olmasını hem geri dönüştürülebilir olmasını arzuluyorlar. Bu sebeplerden dolayı da hedef bulmak zor oluyor. Bazı sektörlerde vazgeçilmezdir, mesela aside dayanıklı konteynır yapacaksanız vazgeçilmezdir o konuda. Tekne üretiminde, rüzgârgülünün kanatlarında vazgeçilmezdir. Böyle vazgeçilmez olan bir sürü sektör mevcut. Fakat bu sektörlerin dışında da pek fazla pazar yok, uygulama alanı bulmak çok zor. Bu söylediklerimde zaten hep adetleri düşük olan şeyler. Mesela bir kapak yapılacaksa, metal de olabilir, alüminyum da olabilir, baskı da yapılabilir, adedine göre değişiyor. Ama genelde bu adam senede 100-150 tane o kapaktan kullanıyorsa, o zaman kompozit olarak düşünüyor. Düşük seviyeli ile orta seviyenin başlangıcına yakın adetlerde tercih edilen bir malzemedir.

Esasında kompozit Türkiye’de geliyor fakat geliştiği sektörler, kompozit değil de, sektörel bazı değişiklikler olduğu için geliyor. Mesela güneş enerjisi değil de, rüzgâr enerjisinin Türkiye’de yaygınlaşmasından dolayı Türkiye’de o tarafta bir büyüme var kompozitte. Teknecilikte bir gelişme var Türkiye’de, su borusunda boru hatlarından dolayı bir hareketlilik var. Ama bunların dışında kompozit kendi başına büyümüyor, mutlaka bir sektör ona ihtiyaç duyduğu için kullanılıyor. Ama metalde öyle bir şey yok, ya da cam sektöründe veya plastik sektöründe bayağı büyük bir kullanım alanı var. Teknolojik altyapı da ona uygun, mesela bir levhaya zımbayla istediğin gibi şekil verebiliyorsun, şimdi kompozitte onu yapabilmen için bir sürü uğraştan geçirmen lazım, çünkü malzemeyi alıp işleyemiyorsun. Mesela camı, metali alıyoruz, profil çektiriyoruz, kesiyoruz, bir ürün yapıyoruz. Kompozitte malzemen yok ortada, hazır bir girdi yok. Sıfırdan başlıyorsun, girdi olmayınca bu sefer malzemeyi de kendin üretiyorsun. Müşteri geliyor mesela bir çizim veriyor, o çizimi metalde yapman daha kolay olabiliyor, çok tasarım, aşırı, 3 boyutlu şeylerden bahsetmiyorum. Ama kompozitte iş doğru malzemenin seçiminden başlıyor ondan sonra, sürelerin ayarlanması falan filan.

Bu da tabi Türkiye'nin şu anki alt yapısına çok uygun olan bir şey değil, bilgi birikimi olarak değil. Mesela bir makine mühendisi, bir parçayı tasarlarken kaç milim tasarlayacak, 2mm alüminyumun, 3 milimlik sacın kafada oluşmuş bir hesap kitabı var. Çünkü 3mm saca adam birebir delik delmiş, delmenin zor olduğunu önceki uygulamalardan biliyor. Kompozitte orayı kaç milim tutacak, bunların hepsi problem. Ayrıca direk vida atamıyorsunuz, oraya bir insert atmak gerekiyor. Zor, sadece vazgeçemeyen sektörler kullanıyor şuanda. Mesela motor sporları, yarışlarda kullanılan ekipmanlar, yüksek kalibredeki spor dallarının ekipmanları, performans ürünleri, otomotiv sektörünün bir kısmı, denizcilik ve tekne üretiminin bir kısmı, medikal sektör, havacılık ve savunma sanayisinde kullanılıyor. Mesela artık sivil havacılıkta da kullanılmaya başlandı. Özellikle ufak uçaklarda uzun senelerdir kullanılıyordu, çünkü adetler yüksek olmadığı için. Sivil havacılıkta, Boing ve Airbus firmalarının yeni uçaklarında kullanılıyor. Fakat şöyle bir dezavantajı var, uçağın herhangi bir hasar konusunda tamiratının çok iyi yapılabilmesi lazım. Hatta Boing 787'nin hala şu anda geç kalmasının en büyük sebeplerinden birisi o. İlk başta gövdeyi oluşturdular, sonra havaalanında uçak apronda iken servis arabaları geliyor, merdivenler geliyor, bavul indiren şeyler, bunların gövdeye çarpıması lazım çünkü çarptığında yamulmuyor çatlıyor. Çatladığı anda göremeyebiliyorsunuz, bu hasar da uzun seneler sonra veya uçuşlardan sonra yavaş yavaş delaminasyona giderek arıza yapabiliyor. Ama bir alüminyumda orası 3-4mm içeri göçebiliyor, hata daha rahat fark ediliyor. İkincisi o parçanın delaminasyon sırasında ne kadar bir alanı kapsadığı, ne kadar bir alanın açılarak tamir edileceği çok önemli. Kompozitin önündeki engeller bunlar.

Bir kere termoset plastiklerle yapılan kompozitler çevreci olamıyor. Termoplastiklerle yapılan kompozitlere %100 inancım var. Otomotiv sanayisinde de çok daha iyi kullanılacağına inanıyorum. Gelecek termoplastiklerde, ama rüzgârgüllерinin kanadında hala daha o değerlere ulaşamaz, tekneler ulaşamaz. Ama otomotivde ve makine parçalarında olsun, basılabilen, şekil aldırılabilen, daha kolay parçalarda kesinlikle termoplastik kompozitler alıp gidecektir. Şu da var termoplastik malzeme reçine olarak kullandığınız zaman elyafları da o malzemeden kullanabiliyorsunuz. Böyle basıldığı anda sana mükemmel bir kompozit parça oluyor çünkü onun içerisinde artık 2 malzemeyi de ayırmana

gerek yok hem mukavemet veriyor, hem de yarın öbür gün o parçayı atıp eritebiliyorsun. Geri dönüşüm açısından gelecek onda.

Termoset plastikler Türkiye’de bir 20-25 sene daha gider ondan sonra İran’a, Afganistan’a oraya buraya gidecektir, kayacaktır. Başka çaresi yok, zaten çok daha önce doğuya kayabilirdi, kaymamasının en büyük sebebi adetler az. Bir su deposundan adam 1 milyon adet alacak olsaydı, Türkiye’de de yapılmazdı. Havaleli olduğu ve az adetli olduğu için mecburen lojistik olarak daha yakın kalıyor Avrupa birliğine. Bir de kompozitlerin şöyle bir dezavantajı var, eğer çok hassas değilse, savunma sanayisine yapılmıyorsa, spesifik bir hassasiyeti yoksa boyutsal olarak, şuraya sığması lazım gibi, o zaman hemen başka malzemelerle çözülebiliyor. Kompozitte 3 mm ise metalde 4 mm yapıyorsun, ağırlık fazlalaşıyor ama olsun, fiyatı da ucuz.

Dışarıdan bakıldığı zaman şöyle bir hava var; kompozit malzemelerin geleceği inanılmaz. Hâlbuki öyle bir şey yok. Çünkü eğer Avrupa Türkiye’den 25 sene ilerde diyorsak bazı gelişmeler konusunda, üretim, araştırmalar konusunda, öyle ise kompozitlerin kullanımı Avrupa’da fazla olması lazım Türkiye’den. Ama otomotivde bile hala kompozitler belirli oranlarda kullanılıyor. Tekne imalatında metal yapılanlar da var, kompozitler de var, savunma sanayisi haricinde hiçbir sektörü ele geçirmiş değil. 30 sene sonra ne değişecek, termoplastik kompozitlerle yapılmış ürünler gelişecek. Arabanın belki ön kaputunu plastik görebileceğiz, ama şuanda yaygın olan el yatırması, RTM, ya da vakum infüzyonla değil de termoplastiklerle olacak. Arabaların çamurluklarını yapıyorlar mesela, o yöne doğru gitme var, ama ekstrem bir kompozit durumu yok. Mesela giyimde de kompozit malzeme olacak ama o giyimde bildiğimiz kompozit malzemeler çok farklı alanlarda üretim yapılacak. Kompozitin genel tanımını altına girebilecek ama çok farklı olan uygulamalar olacaktır. Mesela biz masa yapıyoruz, nasıl yapıyoruz: 3mm ahşap yarım milim cam elyafı, 3 mm ahşap yarım mm cam elyafı, presliyoruz. Reçine olarak da ahşap tutkalını kullanıyoruz ve o masa çok sağlam oluyor. Ama o normal klasik anlamda bir kompozit değil, farklı bir uygulaması. Yani geleceğin malzemesi ama bazı sektörler için.

Mesela biz soğutma sanayisinde gövdeleri galvaniz, paslanmaz çelikten kompozite çeviriyoruz. Onda da şöyle bir dezavantaj var, geri dönüşümü yok. Bu kadar gövde satıldıktan sonra markette eskiyor, 5-6 senede bir değiştiriliyor. O

gövdeler ne olacak, adam satıyor diğer türlü atıyor tahtasını, metal kısmını hurdaya veriyor, poliüretanını atıyor. Hiç olmazsa elinden çıkıyor onu alıp birisi değerlendiriyor. Çünkü her parçasını kompozitten yapamıyorsun mutlaka içerisinde bazı yerlerinde saclar var, vidalar var onlar paslanıyor. Kompozitle bu sefer yardımcı malzemelerin ömür süreleri çakışmıyor. Kompozite bir şey olmuyor, daha da kullanılabilir, fakat diğer parçalar gidiyor. Tamam, o zaman diyorsun, gövdeyi alırsın parçaları atar tekrar aynı gövdeyi yeni baştan üretirsin ama hayatta olmuyor öyle bir şey. O da ayrı bir iş modeli, yani mesela yeni bir araba yapalım ama bu yollarda gitmiyor, tamam yeni yollar yapalım, ama bu yollar için yeni bir kavşak tasarımı lazım, kavşakları da değiştirelim falan. Bütün sistemi, bütün bileşenleri değiştirirsen olmuyor. Adam sökerken kırıyor, çatlatıyor, aman dikkatli sök, malzemeyi tekrar bize getir falan. Yani bütün her şeyi o sisteme göre kurgularsan tamam başarıya ulaşır. Onu kurgulamak mı esasında senin 5 – 10 senedeki amacın, yoksa ürettiğin üründen rekabetçi olup da daha fazla üretmeye çalışıp, daha düşük maliyetlerle pazara hâkim olmak mı? Bir de enerjiyi harcayacağın şeyler var; tamam o sistemi oturtmak için uğraşırsın bizim çok aklımıza geldi, teklif ettik 5 sene sonra biz bu dolapları geri alıyoruz yenisini %80 ucuza satacağız dedik. Onları da alıp tekrardan gövdeleri kullanıp satacağız. Tamam dedik bu da olabilir, oluşturduk sonra bir baktık ki üretimin %80'i ihracat. Hollanda'dan o kadar ürün geri gelecek orda kalıyor, yurtiçi için yapalım dedik Hollanda'daki ne yapsın gövdeleri. Atmaya kalksa atamayacak, eski hurdalardaki gibi olmayacak. Bazı sektörlerde böyle engeller yok, mecburen herkes kabulleniyor.

13. Firma olarak hangi tür kompozit malzemeler ile çalışıyorsunuz? Neden?

Polyesterle çalışıyoruz, epoksiyle çalışıyoruz, %80-85 cam elyafı çalışıyoruz. Karbon çok fazla kullanmıyoruz.

14. Bu tarz kompozit malzemeleri tercih etmenizdeki temel parametreler nelerdir?

Fiyatından öte bizim ihtiyaçlarımızı karşılıyor. Kendi üretim gruplarımızda ihtiyaçlarımızı karşılıyor.

15. Üretim, maliyet, hammadde, montaj, tamir, satış, tasarım... gibi açılardan kompozit malzemelerin avantaj ve dezavantajları nelerdir?

Aslında en başından beri konuştuklarımız bu sorunun bir anlamda cevabını oluşturuyor ama tabi ki hafif ve dayanıklı bir malzeme olması bence en öne çıkan özelliği.

16. Kompozit malzemelerin fiziksel özelliklerinin dışında görsel, algısal, dokunsal özellikleri sizin için ne kadar önemli? Tercihinizi etkiliyor mu?

Kompozitin en önemli avantajlarından bir tanesi sıcak bir malzeme olmasıdır. Isı transferinin az olması, insana bir tokluk hissi veriyor. Vibrasyonu iyi sönümlemesi, bence tasarımsal olarak, dokunsal olarak en büyük avantajları, bunları göz önüne alıyoruz tabi. Detayların çok ince olamaması, çok keskin köşelerinin olamaması da dezavantajlarıdır kompozitlerin.

17. Kompozit malzemeyle ürettiğiniz ürünlerin tasarımları size mi ait yoksa iş yaptığınız müşterilerden sipariş olarak mı geliyor?

“Dışarıdan gelen iş çok az oluyor, biz %95 kendi tasarımlarımızı üretiyoruz, kendi çözümlerimizi.”

18. Ürettiğiniz ürünlerde diğer kompozit türlerini tercih ediyor musunuz? Etmeyorsanız sebepleri nelerdir?

Hayır, yapmıyoruz, ama ileride çalışmayı çok istiyorum. Özellikle seramik matrisli kompozitlerle çalışmayı çok istiyorum ama onun için de bir yatırım lazım. Ben onda mesela daha büyük bir gelecek görüyorum. Karbon epoksiden daha büyük bir geleceği var seramik matrisli kompozitlerin, ben öyle görüyorum. Çünkü seri imalata daha uygun, seramiklerin dezavantajları seramik kompozitle kapatılıyor. Oldukça faydalı ve seri imalata uygunlar.

19. İleride diğer kompozit türleriyle de çalışmayı düşünüyor musunuz?

Şimdilik böyle bir durum yok.

20. Firmada hangi üretim yöntemlerini kullanıyorsunuz, neden?

Basıncılı kalıplama, sıcak presleme, el yatırması, RTM, püskürtme yöntemi, vakum infüzyon yöntemlerini kullanıyoruz. Üretim yöntemlerimiz çeşitli çünkü biz tek tip bir ürün yapmıyoruz.

21. Kullandığınız üretim yönteminin avantaj ve dezavantajları nelerdir? Ya da başka bir deyişle, üretim yönteminin sağladığı kolaylıklar veya zorlandığınız noktalar neler?

Üretim aşamasında bizi en çok zorlayan şey, malzemenin uygun koşullarının oluşturulması, işleme uygun koşulların oluşturulması, karışım oranları en zoru. Çok da kolay değil, insan çalışıyor, sen her şeyi çok güzel yapsan da ters giden şeyler olabiliyor.

22. Kullanmakta olduğunuz mevcut üretim yöntemlerini yeterli/tatmin edici buluyor musunuz? Farklı bir üretim yöntemine geçmeyi düşünüyor musunuz?

Bizim için tatminkâr, çünkü bizim kendimize has ürünlerimiz var artık. Kendi ürünlerimizi kendimiz ürettiğimiz için de o teknolojilere uygun bir şeyler yapmaya çalışıyoruz. Zaten diğer sektörlerde yatırımlar yaptığımız için şu an, şu üretim yöntemi de olsa demiyoruz çünkü ekonomik olarak başka yerlerden de besleniyoruz.

23. Firma olarak hammaddeyi yurtiçinden mi yoksa yurtdışından mı temin ediyorsunuz?

Yurtiçinden alıyoruz, eskiden yurtdışından çok alıyorduk ama şu anda almıyoruz.

24. Malzeme seçimini hangi aşamalarda ele alıyor, gözden geçiriyorsunuz?

İlk tasarım aşamasında başlıyoruz. Bir de kompozitlerin şöyle bir dezavantajı var, özellikle malzeme seçimi ve kompozitler konusunda, sana birisi geldiği zaman ben şu parçayı istiyorum diyor. O parça metalle yapılmış veya ahşaptan. O parça başka bir şeyden yapılmış o malzemeye uygun bir teknolojiye yapılmış. Ben bunu kompozit istiyorum dediği zaman onun tasarımının değişmesi lazım. O tasarım o parçanın ya da makinenin diğer parçalarına yansıdığı zaman problem yaratıyor. İstedikleri şey kompozite uygun olmuyor, uydurmaya çalışıyorsun, zorluk bu tasarım açısından. Ama sıfırdan başlarken çok kolay, ona göre yönlendiriyorsun. Ama size hazır bir şeyle gelip ben bunu kompozit istiyorum dediklerinde olmuyor ki, içi dolu mesela.

25. Tasarımın hangi aşamasında malzeme sizin için belirleyici oluyor?

Tümünde, sonuçta malzeme ve ürün doğrudan alakalıdır.

26. Bir ürünü tasarlarken, üretirken malzeme sizin için ne derece önemlidir?

Çok önemli, daha ilk aşamadan ele alıyoruz malzeme konusunu, özellikle de dediğim gibi kompozitlerde, baştan yapayım, malzemeyi sonra seçerim olmuyor, olamaz da zaten.

27. Bir tasarımcı olarak malzeme seçiminde zorlanıyor musunuz? Sizi en çok ne zorluyor?

Bunca şey yaptıktan sonra zorlanmıyoruz, aldığımız eğitim de var. Ama şu anda Türkiye’de mezun olanlar çok zorlanıyorlar. Tasarım eğitiminde bu konular çok üstün körü geçiliyor, geliştirilmesi şart. Şöyle bir şey de var, yurtdışında mesela malzeme ve tasarım konusunda atölye çalışmaları oluyor, bir malzemeye orda birebir çalışma imkânı bulabiliyorsunuz. Çok faydalı, burada hiç rastlamadım,

olması lazım sonuçta. Bir de şöyle düşünüyorum ben 22 yaşında üniversiteden mezun olduktan sonra, 28 yaşına kadar unutacaksın o arayı kendini geliştirmek istiyorsan. Başka işler yapabilirsin, malzeme ile ilgili çalışabilirsin, ancak ondan sonra geri dönüşü başlar. Mezun olduktan sonra hemen gireyim bir ofise tasarım yapayım diyorsan, o seni güdük bırakacaktır. 32-35 yaşına geldiğin zaman belki tasarımcı olacaksın ama piyasanın içerisinde bilgin olmayacak.

28. Çalıştığınız müşterilerinizin kompozit malzeme ile üretirmek istedikleri tasarımlarda sizce malzeme bilgisi hâkim mi?

Yok, hiçbir bilgileri yok genelde.

29. Yurtdışında belirli bir malzeme üzerinde uzmanlaşmış tasarımcıların sayısı fazla iken Türkiye’de bu sayının yüksek olmayışını siz neye bağlıyorsunuz? Türkiye’de bu tür bildiğiniz örnek var mı?

Çünkü her bir sektör bir tasarımcıyı besleyebilecek büyüklükte değil Türkiye’de. Yurtdışında adam Avrupa’daki 4-5 tane büyük cam imalatçısıyla aynı anda çalışıp kendisini doyurabiliyor ama Türkiye’de o kadar geniş kapsamlı, tek bir noktaya hedeflenebilecek kadar geniş kapsamlı bir şey yok. Bir de şu var bizde, bizim tasarımcılarda da yapısal olarak istek yok öyle bir şeye. Çünkü diyelim adam ahşapla çalışıyor, metalle çalışıyor, bir dahaki projesinde diyor ki kompozitle çalışmak istiyorum, kompozitten bir şeyler yapmak istiyorum diyor. Biz de öyle bir durum yok. Onu da yapayım, bunu da yapayım deme isteği var Türk tasarımının içerisinde. Bizde de var. Biz ahşap mobilya yapıyoruz, şimdi diyoruz ahşapla kompoziti birleştirelim, sonra metale geçelim. O durum bizde de var.

30. Firma olarak malzeme ile ilişkili bir tür meslek içi eğitim, fuar, konferans, atölye çalışmasına... vs katılıyor musunuz? Bu tür etkinliklerin önemli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

Gidiyoruz, malzeme konusunda özellikle fuarlara gidiyoruz, JEC’e, diğer kompozit fuarlarına, metal ve ahşaplara. Aynı anda hem tasarımcı, hem üreticiyiz, mecburen gidiyoruz başka çaremiz yok. Türkiye’de kompozit üzerine hiçbir fuar yoktu, bir anda 2 tane oldu, rakip çıkmaya başladı. Bir anda artış oldu. Ama çok sığ, hiçbir şey yok. Ben bir gittim, İş yaptığım, polyesteri aldığım, çek verdiğim adam orda, e başka ne göreceğim. Amaç çok belli orda, iş yapanların buluşma noktası gibi bir şey maalesef ve çok güdük. Türkiye’de kompozit bence akıl karı bir iş değil. Ben kompozit bir yer açayım fason, üretim yapayım, yok

öyle bir şey. Mesela su borucusu, kendi ürününü satmak için kullanıyor. Kendi bir ürünün varsa, mesela ben bir medikal alet yapacağım, lazım bana diye o zaman olur. Çünkü sen mutlaka bir parça yapıyorsun, önemli olan bütünü yapabilmek. Hele malzeme bilgisine sahip ve tasarım şeyi olan bir insanın değerlendirmesi lazım. Adam çırak olarak yetişmişse zaten bir tek onu yapabiliyor.

31. Sektörünüzde kompozit malzemeyle üretim yapan başka firmalar var mı?

Bizim sektörde bu malzemeleri kullanan çok firma var bildiğimiz.

32. Sizce sektör için kompozit kullanımı ne kadar önemlidir?

Tabi bir enerji sektöründeki kadar önemli değil ama değişik uygulamalar görüyoruz arada.

33. Kompozit sektörünün Türkiye’deki yeri hakkında ne düşünüyorsunuz? Sizce hangi sektörlerde kompozit malzemelerin önü daha açık, neden?

Kompozitin önü açık ama öyle zannedildiği, abartıldığı kadar değil, geleceğin malzemesi kompozitler falan filan değil. Kompozitin üzerinde böyle bir şey var, pompalanmaya çalışılıyor. O da mecbur; zaten insanların bir direnci var. Mecburdan kastım, makine yatırımları daha önceki teknolojilere göre, tanınmıyor malzeme, böyle bir arkadan itirici bir yardıma ihtiyacı var.

Nano malzemeler, nano kompozitlerde gelecek var ama şimdi kompozitin fiyatının ucuz olması lazım bir de sanayiye uyması lazım. Mesela 100.000 parça üreten fabrikanın bir yerine uyması lazım, onun kompoziti çekmesi lazım. Ufak tefek üreticiler var ama bu yok. Mesela IKEA’da bir kompozit malzeme göremiyorsun hiçbir şekilde niye, çünkü o adetlerde o hacimde böyle bir kompozit üretildiği bir şey yok, parça olarak teknolojisi yok. Bir de geri dönüşümü yok, özellikle termosetlerde. Zaten termosetleri hiç konuşmayalım, onların geleceği yok. Termoplastikleri konuşalım. Birde şöyle bir argüman daha var, kompozitler çok daha uzun dayanıyor, o zaman da daha az atık çıkıyor. Onun da iyi dengesinin kurulması lazım. Bazı sektörlerde kompozit hakikaten çevreci. Belki şehir mobilyası yaptığın zaman kompozit çok daha uzun seneler gidecek.

34. Sizce kompozit malzemeler Türkiye’de yeterince kullanılıyor mu?

Bence yeterince kullanılmıyor, kompozit malzemelerin Türkiye’de gelişme potansiyeli yüksek yeterince kullanıldığını zannetmiyorum kesinlikle. Zaten dezavantajlarından ötürü kullanılmıyor.

35. Kompozit malzemelerin yaygınlaşacağını düşünüyor musunuz?

Dediğim gibi yaygınlaşır elbet ama bazı vazgeçilmez sektörlerin dışında çok zannetmiyorum.

36. Kompozit malzemelerin önündeki en büyük engel nedir?

Geri dönüşüm konusu işte ve bir de ön yargıların kalkması lazım artık. Türkiye’de malzemenin tanınırlığı da çok yok tabi.

37. Kompozit malzemeler sizce deney, Ar-Ge’ye ne kadar açık?

Çok açık çünkü malzemeyi kendin üretiyorsun, o konuda çok açık. Böyle bir standart sacı ya da alüminyum levha halinde delik delip makinede çektiğin zaman makinede bir değer çıkıyor ama kompozitte sonsuz değer çıkabilir. Çünkü malzemeyi üretirken müdahale edebiliyorsun. Bir de olay orda patlıyor benim kafamdaki sorun da o. Malzeme ürün geliştirmeye bu kadar açıksa, biraz da hobi olmaya başlıyor zaten, biraz daha artistik bir şey olmaya başlıyor, biraz daha artistik bir şey olmaya başlıyor. Şimdi çelikte adam biliyor ki 2-3 sene sonra aynı çeliği kullanabilecek, ama kompozitte hava şartlarının değişimi, reçine üreticisinin farklı olması, farklı sonuçlar doğurabiliyor. Bir şeyle uğraşırken çok farklı noktalara varabiliyorsun. İnsanın deneysel yanı ağır basıyor. İnsanın deneysel yanı ağır basıyor. İki malzeme üç, dört malzeme birleşebiliyor, yüzey kaplamaları, elyafın çekişi, dokuması, katkıları, yani sonu yok. Sonu olmayan bir şey onun içinde biraz daha artistik kalıyor. Daha deneysel, daha küçük çaplı üretimlere uygun kalıyor.

38. Malzeme alanındaki gelişmeleri takip etmek sizce önemli mi? Nasıl takip ediyorsunuz? Kompozit malzemeler dışında diğer ileri malzemelerle çalışmayı düşünüyor musunuz?

Malzeme alanındaki gelişmeleri takip etmek önemli çünkü işimiz bu. Yani dediğim gibi biz hem ürün üretiyoruz kompozitte hem de malzemeyi, dolayısıyla takip etmeden doğru iş yapmamız mümkün değil. Bu takibi de dediğim gibi fuarlardan yapıyoruz genelde.

Belirlenmiş görüşme soruları dışında kalan konuya dair katılımcının yorumları:

39. Firmanızı İzmir’de kurmanızın özel bir sebebi var mı?

İzmir’de olmanın avantajı var bence, çalışanların ulaşımı çok rahat, üretici maliyetleri, insan başına düşen maliyetler düşük. İzmir’de olmak daha iyi bence

İstanbul'a nazaran. İzmir'de başka firmalar da var ama birkaç firma hariç hepsi bunların 150-300 metrekarelik yerler.

40. Yurtdışında eğitim almışsınız, tasarım eğitiminde malzeme konusu ne kadar ele alınıyor?

Bizim okulda çok alınıyordu, 4 sene boyunca malzeme bilgisi gördürdük, o malzemelerin üretimlerini gördük. Bizim okul hem tasarım bölümüydü, aerodinamik, hidrodinamik, vibrasyon, otomobil yol tutuşunu gördük, matematik, fizik, malzeme bilgisi, üretim teknolojileri gördük. Biz 4 sene boyunca haftanın 2 gününü bunlara ayırıyorduk. 2 gün mühendislik dersleri oluyordu. Bunlar çok önemli. Bizim okulda otomobil tasarımı var, otomobil mühendisliği var, otomobil sistem mühendisliği var, ulaşım araçları tasarımı ve endüstri ürünleri tasarımı var. Ayrıca tüketici ürünleri tasarımı var ve hepsi birbirine bağlantılı. Mesela tüketici ürünleri tasarımcısı felsefe, psikoloji, ergonomi okuyor çünkü diyelim ses kayıt cihazının dışındaki düğmeleri endüstriyel tasarımcı değil, tüketici ürünleri tasarımcısı tasarlıyor. Tüketici ürünleri tasarımcısı, endüstriyel tasarımcıya veriyor bunu, bir sonraki aşama endüstri ürünleri tasarımcısı bunu endüstriye uyduruyor. Kalıp izlerini nereden yapalım, CNC'de ucu değiştirmeden nasıl döneriz orayı, çapını uyduramıyoruz nasıl yapsak gibi. Tüketici ürünleri tasarımcısı yarı teknik sanatsal, diğeri ise daha teknik, arada da makine mühendisi var, üreticiler var, komple böyle bir zincir tamamlanıyor.

Malzemeyle insan etkileşimi var, malzemenin sistem içinde yararlı kullanılması var ne fazla ne eksik. Aynı zamanda o malzemenin bir kısmı da dışarıyla etkileşime giriyor. O etkileşimde, insanla birleştirmek lazım. O yok Türkiye'de. Sadece buraya şu malzeme kullanılacak, oraya enjeksiyon, buraya plastik değil. Yüzeyde mesela shore sertliği diye bir şeyi kimse bilmiyor. Endüstriyel tasarımcı orda ürünü yaparken yüzeyinde hafif yumuşak istiyorum, shore'u şu olsun diyebilmeli ama öyle bir şey yok. Bunları bilmeleri lazım, bütün donanımlara sahip olacaksın ki doğru sonucu elde edebilesin.

41. Yurtdışında okudunuz, sizce Türkiye ile yurtdışı arasında endüstri ürünleri tasarımı konusunda ne gibi farklılıklar var?

Türkiye'de endüstriyel tasarımı biraz sanatsal, bu kavramsal anlayıştan çıkarıp mühendisliğe yaklaştırmak lazım. Endüstriyel tasarımcının da önünde bir adam var, o da uçuk kaçık, şortla gelir işe ama o tüketici ürünleri tasarımcısı, sonuçta bir endüstriyel tasarımcı bıçak tasarlamıyor, tüketici ürünleri tasarımcısı bıçağı

tasarlıyor. Endüstri ürünleri tasarımcısı daha komplike, daha sistem birleştirme yönelik şeyler yapması lazım. Bardak tasarlamak endüstriyel tasarımcının da işi ama esas iş tüketici tasarımcısının. Çünkü trendleri takip etmesi lazım, insanların yaşam tarzlarına bakmalı, yeni şeyleri takip etmeli, neler başarılı oldu, ekonomik krizin yankılarını incelemesi lazım, felsefeye, ekonomiye, sosyolojiye bakacak, teknolojiye bakacak ona göre sentez oluşturacak. Formu yakalayacak, efekti verecek, hacmi verecek tamamen görsel ama ufak tefek de teknolojik, malzeme bilgisine de sahip olacak. Endüstriyel tasarımcı da alacak ben nasıl uçuk kaçık fikirleri üretilebilir hale getiririm diyecek. Aslında onların işi daha da zor, Gidecek uçuk kaçık adamı kendisine yaklaştıracak, üretim olmaz olmaz diyor, onları biraz daha kendisine, yukarı çekmeye çalışacak, aradaki bağlantıyı kuracak. Aradaki bağlantı elemanı, iki ayrı küme bunlar ve hiçbir zaman anlaşılamazlar, %1-3 anlaşılır. Kesişir ama çok az kesişir bu iki alan. Burada ustanın, üretim mühendisinin vizyonunun çok açık olması gerekir. Gelişecek Türkiye’de ama biraz geç oluyor. Okulda anlatıyorlar ama bu farklı bir şey. Okul için de mutlaka tasarım eğitiminin mutlaka 6 sene olması lazım. 3 sene formasyon olmalı bence, 1 sene pratik ondan sonraki 2 sene de ihtisaslaşma olabilir. 3 sene okuyacak, sonra 1 sene bir yerde çalışacak, ya da okul onu sokacak, çıktıktan sonra da 2 sene de o branşında proje alacak. Sen şimdi bir tarlaya giriyorsun, hangisini yiyeyim, hangisi bana yararlı bilemiyorsun, ama dışarı çıkıp aç kaldığın zaman ihtiyaçlarını daha kolay belirliyorsun, sonra da tarlaya döndüğün zaman burası benim alanım, bana faydalı olan yer burası diyorsun.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Murat Sönmez

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 14.05.1981

Adres: Kılıçali Paşa Mah. Matara Sok. Akten Apt. 19/4 Cihangir İstanbul

Lisans Üniversite: Yıldız Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Müh.

İş Deneyimleri:

Trexta TR Deri Mamulleri San. Ve Tic. A.Ş: Tasarım Mühendisi 2007 - 2008

Trexta TR Deri Mamulleri San. Ve Tic. A.Ş: Ürün Yöneticisi 2008 - 2009