

151643

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

151643

YAPI DIŞ KABUĞUNDA KULLANILAN  
METAL YÜZEYLİ SANDVIÇ PANELLER ve  
SEÇİM MODELİ

Mimar Derya SAYGIN

FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. Meral AYBERK

Doç. Dr. Nihal Arıoğlu İnkaya  
Yrd. Doç. Dr. Etkan Avcı  
B. Avcı  
Yrd. Doç. Dr. Meral AYBERK

İSTANBUL, 2004

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	v
KISALTIMA LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç.....	1
1.2 Varsayım.....	2
1.3 Kapsam .....	2
1.4 Yöntem.....	2
2 KOMPOZİT MALZEME.....	3
2.1 Kompozit Malzeme Tanımı, Tarihçesi ve Gelişimi.....	3
2.2 Kompozit Malzemenin Sınıflandırılması.....	5
2.2.1 Taneciklerle Güçlendirilmiş Kompozitler .....	6
2.2.2 Tanelerle Donatılı Kompozitler .....	6
2.2.3 Liflerle Donatılı Kompozitler .....	7
2.2.4 Tabakalı Kompozitler .....	9
2.2.4.1 Tabaka Yapılı Metal Kompozitler .....	9
2.2.4.2 Polimer Esaslı Tabakalı Kompozitler .....	10
2.2.4.3 Cam Tabakalı Kompozitler.....	11
2.2.4.4 Ahşap Tabakalı Kompozitler.....	11
2.2.4.5 Tabakalı Lifli Kompozit Malzemeler .....	12
2.2.4.6 Sandviç Kompozitler .....	12
3 SANDVIÇ KOMPOZİTLER .....	13
3.1 Sandviç Kompozit Tanımı ve Uygulama Alanları .....	13
3.2 Sandviç Strüktürün Tasarım Kriterleri .....	14
3.3 Sandviç Kompoziti Oluşturan Parçalar.....	17
3.3.1 Dış Yüzey Parçaları .....	17
3.3.2 Öz Parçaları.....	17
3.3.2.1 Bal Peteği Özler .....	18
3.3.2.2 Oluklu Özler .....	20
3.3.2.3 Köpük ve Katı Özler .....	22
3.3.2.4 Mineral Yün Özler .....	23
3.4 Sandviç Kompozitlerde Kullanılan Yapıştırıcılar ve Özellikleri.....	24
3.4.1 Epoksi Reçineler .....	25
3.4.2 Fenolikler .....	25
3.4.3 Poliüretanlar.....	26
3.4.4 Değiştirilmiş Epoksiler .....	26
3.4.5 Polyester ve Vinilester Reçineleri.....	26
3.4.6 Üretan Akrilikler.....	26
3.5 Sandviç Kompozit Üretimi .....	26
3.5.1 Otoklav Yöntemi.....	27

	Sayfa
3.5.2	Vakumlama Yöntemi..... 27
3.5.3	Islak Yatırma Yöntemi..... 27
3.5.4	Püskürtme Yöntemi ..... 28
3.5.5	Yapıştırıcıyla Birleşme Yöntemi ..... 28
3.5.6	Sıvı Kalıplama Yöntemi ..... 28
3.5.7	Elle Yatırma Yöntemi..... 29
3.5.8	Kesintisiz Tabakalandırma Yöntemi ..... 29
3.5.9	Lif Sarma Yöntemi ..... 29
4	<b>YAPI DIŞ KABUĞUNDA KULLANILAN METAL YÜZEYLİ SANDVIÇ KOMPOZİT PANELLER ..... 31</b>
4.1	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panelin Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Yerleri ..... 31
4.2.	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Metal YüzeYLİ Sandviç Panel Türleri..... 32
4.2.1	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panel Öz Parçaları ..... 32
4.2.1.1	Poliüretan Dolgulu Sandviç Paneller..... 33
4.2.1.2	Polistren Dolgulu Sandviç Paneller ..... 33
4.2.1.3	Mineral Yün Dolgulu Sandviç Paneller ..... 33
4.2.2	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panel Dış YüzeYLİ Parçaları..... 34
4.2.2.1	Alüminyum ..... 34
4.2.2.2	Galvanizli Sac ..... 34
4.3	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panellerin Dış YüzeYLİ Parçalarının Korozyon Korunumu ..... 35
4.4	Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Kompozit Kaplama Sistemlerinin Nitelikleri.... 37
4.4.1	Sandviç Kompozit Kaplama Panellerinin Isı Performansı ..... 37
4.4.2	Strüktürel Performans ..... 38
4.4.3	Nem Korunumu ..... 39
4.4.4	Akustik Korunum ..... 40
4.4.5	Yangın Korunumu ..... 40
4.4.5.1	Detaylandırmanın Yangın Dayanımına Etkisi..... 42
4.4.5.2	Sandviç Panellerin Yangın Dayanımı ile İlgili Laboratuvar Testleri ..... 43
4.5	Çatı ve Cephe Kaplamalarında Kullanılan Sandviç Panellerin Üretimi..... 44
4.5.1	Üretim Aşamaları..... 45
4.5.1.1	Rulo Açma ..... 46
4.5.1.2	YüzeYLİlerin Profilendirilmeleri..... 46
4.5.1.3	YüzeYLİlerin Isıtılması..... 47
4.5.1.4	Katı Köpük Teknolojisinin Bileşenleri..... 47
4.5.1.5	Çift Kuşak ..... 47
4.5.1.6	Kesme ve Soğutma ..... 48
4.5.1.7	İstifleme ve Paketleme..... 48
4.6	Sandviç Panellerin Avantaj ve Dezavantajları..... 48
4.6.1	Sandviç Panellerin Avantajları ..... 49
4.6.2	Sandviç Panellerin Dezavantajları ..... 52
5	<b>SANDVIÇ PANEL UYGULAMALARI ..... 53</b>
5.1	Sandviç Panellerin Birleşim Yöntemleri ..... 53
5.2	Sandviç Panellerin Tespit Yöntemleri ..... 55
5.3	Sandviç Panellerin Birleşim Noktalarında Kullanılan Dolgu Malzemeleri..... 56
5.4	Sandviç Panellerin Uygulama İlkeleri ..... 57

	Sayfa
5.4.1	Çatı Uygulamaları..... 58
5.4.1.1	Mahya Uygulaması..... 58
5.4.1.2	Çatıda Boyuna Ek Uygulaması..... 60
5.4.1.3	Gizli Dere Uygulaması ..... 62
5.4.1.4	Ara Dere Uygulaması ..... 62
5.4.1.5	Kenar Kaplama Uygulaması..... 64
5.4.1.6	Cephe Çatı Birleşim Uygulaması ..... 67
5.4.1.7	Kalkan Kenar Uygulaması..... 68
5.4.1.8	Şed Mahya Uygulaması ..... 70
5.4.1.9	Duvar Dibi Uygulaması ..... 72
5.4.1.10	Çatıda Işıklık Uygulaması ..... 73
5.4.2	Cephe Uygulamaları ..... 75
5.4.2.1	Cephede Boyuna Ek Detay Uygulaması..... 75
5.4.2.2	Duvar Üzeri Alt Bitiş Uygulaması..... 78
5.4.2.3	Duvar Önü Alt Bitiş Uygulaması..... 80
5.4.2.4	Cephe Köşe Birleşim Uygulaması..... 82
5.4.2.5	Panel - Pencere Birleşim Uygulamaları..... 85
5.5	Sandviç Panellerin Birleşim ve Bitiş Noktalarında Kullanılan Elemanlar ..... 86
5.6	Sandviç Panelin Yükleme-İndirmesi Sırasında Alınması Gereken Önlemler ..... 90
5.7	Sandviç Panelin Depolaması Sırasında Alınması Gereken Önlemler ..... 92
6	YAPI DIŞ KABUĞUNDA KULLANILACAK ve KULLANIM ALANINA EN UYGUN SANDVIÇ PANELİN SEÇİMİ..... 93
6.1	Modelin Amacı ..... 93
6.2	Modelin Bileşenleri..... 93
6.2.1	Kısıtlamalar..... 93
6.2.2	Parametreler ..... 94
6.2.3	Değişkenler ..... 94
6.2.4	Modelleme..... 94
6.2.4.1	Estetik Performansın Saptanması ..... 95
6.2.4.2	Ekonomik Performansın Saptanması..... 97
6.2.4.3	Fiziksel Performansın Saptanması..... 98
6.2.4.4	Mekanik Performansın Saptanması ..... 100
6.3	Modelleme Örneği ..... 102
7	SONUÇ..... 104
	KAYNAKLAR..... 106
	EKLER ..... 109
Ek 1	Sac Kaplama Boyalarına Ait Teknik Özellikler ..... 109
Ek 2	Uygulama Alanına En Uygun Sandviç Panel Seçiminde Kullanılacak Performans Modeli ..... 112
Ek 3	Uygulama Alanına En Uygun Sandviç Panel Seçiminde Kullanılacak Performans Modeline Ait Örnek..... 113
	ÖZGEÇMİŞ..... 114

## SİMGE LİSTESİ

$C_i$	Özelliğe ait önem katsayısı
$K_i$	Ana performans grubuna ait önem katsayısı
$N_i$	Özelliğe ait normalize edilmiş değer
$P_i$	Ana performans grubuna ait performans puanı
$X_i$	Özelliğe ait değer



## **KISALTIMA LİSTESİ**

<b>CFC</b>	<b>Klorofluokarbon</b>
<b>CTP</b>	<b>Cam Takviyeli Polyester</b>
<b>EPS</b>	<b>Ekspanded Polistren</b>
<b>P</b>	<b>Plastisol</b>
<b>PE</b>	<b>Polyolefin</b>
<b>PMI</b>	<b>Polimetakrilimid</b>
<b>PS</b>	<b>Polistren</b>
<b>PUR</b>	<b>Poliüretan</b>
<b>PVB</b>	<b>Polivinil Butiral</b>
<b>PVC</b>	<b>Polivinilklorid</b>
<b>PVDF</b>	<b>Poliviniledenflorid</b>
<b>PVF</b>	<b>Polivinilflorid</b>
<b>XPS</b>	<b>Ekstrüde Polistren</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1	Yüzeylerin sıkıştırma ve kesme kuvvetlerine dayanımı ..... 15
Şekil 3.2	Özün kesme kuvvetlerine dayanımı..... 15
Şekil 3.3	Özün yük altındaki bükülme dayanımı ..... 15
Şekil 3.4	Öz ve yüzeylerin yük altındaki buruşma dayanımı ..... 16
Şekil 3.5	Yüzeylerdeki çukurlaşma ..... 16
Şekil 3.6	Çarpılmaya dayanım ..... 16
Şekil 3.7	Şekil değişimlerine dayanım..... 16
Şekil 3.8	Öz parçalarına göre sandviç kompozitler ..... 19
Şekil 3.9	Bal peteği öz biçimleri..... 21
Şekil 3.10	Oluklu öz biçimleri ..... 21
Şekil 4.1	Malzemelerin ısı yalıtım kıyaslaması ..... 38
Şekil 4.2	Sandviç panel üretim aşamaları ..... 46
Şekil 4.3	Sandviç panellerin güneş enerjisini elektriğe dönüştüren parçalarla olan birleşimleri ..... 51
Şekil 5.1	Sandviç panel strüktür biçimleri..... 55
Şekil 5.2	Sandviç panel birleşim biçimleri ..... 55
Şekil 5.3	Sandviç panellerin tespitini sağlayan bazı vida türleri ..... 57
Şekil 5.4	Mahya ..... 59
Şekil 5.5	Mahya detayı..... 59
Şekil 5.6	Üst mahya ve alt mahya uygulamaları..... 60
Şekil 5.7	Çatıda boyuna ek ..... 60
Şekil 5.8	Çatıda boyuna ek detayı..... 61
Şekil 5.9	Gizli dere..... 62
Şekil 5.10	Gizli dere detayı..... 63
Şekil 5.11	Gizli dere kesiti..... 63
Şekil 5.12	Ara dere uygulaması ..... 64
Şekil 5.13	Kenar kaplama uygulaması..... 64
Şekil 5.14	Kenar kaplama uygulaması..... 65
Şekil 5.15	Kenar kaplama biçimleri..... 66
Şekil 5.16	Kenar kaplama detayı ..... 66
Şekil 5.17	Cephe çatı birleşim uygulaması..... 67
Şekil 5.18	Cephe çatı birleşim detayı..... 68
Şekil 5.19	Kalkan kenar ..... 68
Şekil 5.20	Kalkan kenar detayı ..... 69
Şekil 5.21	Kalkan kenar detayı ..... 70
Şekil 5.22	Şed mahya..... 70
Şekil 5.23	Şed mahya detayı..... 71
Şekil 5.24	Şed mahya detayı..... 71
Şekil 5.25	Duvar dibi ..... 72
Şekil 5.26	Duvar dibi uygulaması..... 73
Şekil 5.27	Çatıda ışıklık..... 73
Şekil 5.28	Panel ışıklık geçiş detayı..... 74
Şekil 5.29	Işıklık panel geçiş detayı..... 75
Şekil 5.30	Cephede boyuna ek..... 75
Şekil 5.31	Cephede boyuna ek detayı ..... 76
Şekil 5.32	Cephede boyuna ek detayı ..... 77

	Sayfa
Şekil 5.33 Cephede boyuna ek detayı .....	77
Şekil 5.34 Duvar üzeri alt bitiş.....	78
Şekil 5.35 Duvar üzeri alt bitiş detayı.....	79
Şekil 5.36 Duvar üzeri alt bitiş detayı .....	79
Şekil 5.37 Duvar önü alt bitiş.....	80
Şekil 5.38 Duvar önü alt bitiş detayı .....	80
Şekil 5.39 Duvar önü alt bitiş detayı.....	81
Şekil 5.40 Duvar önü alt bitiş detayı.....	81
Şekil 5.41 Duvar önü alt bitiş detayı.....	82
Şekil 5.42 Cephe Köşe Birleşim .....	82
Şekil 5.43 Cephe köşe birleşim detayı .....	83
Şekil 5.44 Cephe köşe birleşim detayı .....	84
Şekil 5.45 Cephe köşe birleşim detayı .....	84
Şekil 5.46 Panel - Pencere Birleşim.....	85
Şekil 5.47 Panel-pencere birleşim detayı.....	86
Şekil 5.48 Çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar .....	87
Şekil 5.49 Cephe birleşim ve bitiş noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar .....	89
Şekil 5.50 Cephe-çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar.....	91
Şekil 5.51 Yapı dış kabuğunda kullanılan birleşim ve bitiş elemanları.....	92

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Yapı malzemelerinin yangın dayanımına göre sınıflandırılmaları.....	42
Çizelge 6.1 Estetik özelliklere ait değerler .....	96
Çizelge 6.2 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş estetik değerler .....	96
Çizelge 6.3 Ekonomik özelliklere ait değerler .....	97
Çizelge 6.4 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş ekonomik değerler .....	98
Çizelge 6.5 Fiziksel özelliklere ait değerler .....	99
Çizelge 6.6 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş fiziksel değerler.....	99
Çizelge 6.7 Mekanik özelliklere ait değerler.....	101
Çizelge 6.8 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş mekanik değerler.....	101
Çizelge 6.9 Malzemelere ait genel performansın saptanması .....	102



## ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında benimle değerli bilgilerini paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Y. Doç. Dr. Meral Ayberk'e ve sevgili eşim Onur Saygın ile sevgili oğlum Berk Saygın'a teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos, 2004

Derya Saygın



## ÖZET

Onsekizinci yüzyılda başlayan endüstri devrimi ile yapı ürünlerinin türü, üretimi ve tüketimi değişmiştir; böylece, önceleri az sayıda olan yapı ürünlerinin seçimi daha karmaşık bir hale gelmiştir. Bileşenlerinde tek başına bulunmayan daha üstün özellikler elde etmek için, en az iki farklı malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan kompozit malzemelerin gelişimi de endüstri devrimi sonrasında olmuştur. Kompozit malzeme; taneciklerle güçlendirilmiş, tanelerle donatılı, liflerle donatılı ve tabakalı kompozit malzeme olmak üzere dört guruba ayrılabilir.

Çeşitli yönlerden farklılıklar gösteren tabakaların bir araya getirilmesiyle oluşturulan sandviç kompozitler, tabakalı kompozitlerin özel bir türüdür. Genel olarak, iki adet ince, sert ve güçlü yüzey ve bu yüzeylere göre daha kalın, hafif ve nispeten daha zayıf bir özün birleşmesinden meydana gelen sandviç kompozitlerin kullanılma amaçları yapısal performansı geliştirmektir. Geniş bir kullanım alanı olan sandviç kompozitler, düşük ağırlıklarına rağmen yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olan yalıtımlı sandviç paneller şeklinde yapı dış kabuğunda kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada; öncelikle kompozit ürün tanımı ve sınıflaması ele alınarak sandviç kompozitler genel olarak incelenmişlerdir. Daha sonra, yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panel sınıflaması yapılarak, bu panellerin strüktürel özellikleri ve üretimlerine değinilerek çeşitli sandviç panel uygulamaları incelenmiştir. Son olarak, sandviç panel seçimine yardımcı olacak bir performans modeli oluşturularak, malzeme özellik tabloları yardımı ile sandviç panel seçimine bir alternatif oluşturulmuştur. Model, aralarında seçim yapılacak olan malzemelerin, fiziksel, mekanik, ekonomik ve estetik özelliklerini inceleyerek, kullanım amacına en uygun malzemenin ön plana çıkarılmasını amaçlamaktadır. Model detaylı bir şekilde açıklanmış ve işleyişi bir örnekle gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kompozit malzeme, sandviç panel, kullanıma uygunluk, model .

## **ABSTRACT**

The type, production and consumption of building materials have changed with the industrial revolution starting in the eighteenth century; thus the choice of building materials has become more sophisticated . In order to obtain superior specifications than the component parts ; the composite materials are produced uniting at least two different materials and developed along with industrial revolution. Composite materials are classified within four main groups; reinforced with particules, fiber reinforced, formed by granules and laminated composite materials.

Sandwich composites, produced with bonding or laminating of different materials having specific differences in their properties are forming a sub-group of laminated composites. Purpose of using sandwich composites which are generally formed by two thin, hard and strong surfaces and a relatively thick, light and weak core is to attain a higher structural performance. Covering a wide range of applications; sandwich composites although light in weight are used in building shells as sandwich panels.

In this work, sandwich composites are generally examined making a classification. Then, various sandwich panel types used in building shells, their production and application details are carefully examined. A model is developed in order to assist the user decide on the most suitable sandwich panel; this model is aimed at examining physical, mechanic, economic and aesthetic properties of sandwich panel alternatives and to discover the most suitable for the application area. Model is explained in a detailed manner and manipulated in an example.

**Keywords:** Composite material, sandwich panel, being appropriate, model.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Onsekizinci yüzyılda İngiltere ve Fransa'da başlayan Endüstri Devrimi sonucunda, daha önceleri taş, ahşap, harç ve toprak gibi geleneksel yapı ürünleri kullanılırken, ondokuzuncu yüzyılda yapı endüstrisi yeni yapı ürünleriyle tanışmıştır.

Gelişen teknoloji ile ürün nitelik ve niceliğinde büyük bir artış olmuş, aynı zamanda, kullanıcıların gereksinimlerinin değişmesi ve kentleşme sonucunda artan nüfusun yapı üretimini hızlandırması, yapı ürünleri seçimini oldukça karmaşık hale getirmiştir.

Günümüzde tasarımcılar pek çok yeni yapı ürünüyle karşılaşmakta ve ürün seçiminde oldukça zorlanmaktadırlar. Tasarımcıların yapı ürünleri seçimi önemini, tasarlama aşamasından kullanım aşamasına kadar her evrede belli etmektedir. (Balanlı, 1997)

Gelişen teknolojinin günümüz insanına sunduğu yeniliklerden birisi de pek çok alanda kullanılan sandviç kompozitlerdir. Kompozit malzemelerin tabakalı kompozitler gurubuna giren sandviç kompozitler, genel olarak iki adet ince, sert ve güçlü yüzeyin kendilerine göre daha kalın, hafif ve nispeten daha zayıf bir öze ayrılmaları ile oluşturulurlar. Yüzeyler, bileşenler arasında bir yük geçişi sağlamak amacı ile öze yapıştirilerek birleştirilirler.

Her alanda günden güne artan bir kullanım alanı bulan sandviç kompozitlerin yapı alanında kullanımı, soğuk odaların ihtiyaçlarına karşılık vermek amacı ile başlamıştır. Çıkan enerji krizi sonrasında, yapı kabuğu tasarımında tasarımcılar, bünyesinde yalıtım özelliklerini de barındıran sandviç panelleri tercih etmeye başlamışlardır. Panellerin sahip olduğu yüksek yalıtım değerleri, enerji kazancına yol açmaktadır. Böylece doğal kaynakların korunumu sağlanmaktadır.

Düşük ağırlıklarına oranla yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olan sandviç paneller, yüksek derecedeki endüstriyel ön üretimlerinden dolayı, kısa süreli üretimi ön plana çıkarmaları, aynı zamanda hızlı bir şekilde yerleştirilebilmelerinden ötürü diğer yapı kabuğu kaplama malzemelerine göre daha avantajlı hale gelmişlerdir.

### **1.1 Amaç**

Günümüzde her ne kadar, sandviç panele ait avantajlar biliniyor olsa da tasarımcılar, kullanım alanına göre doğru panel seçiminde zorlanmaktadırlar. Yanlış panel seçimi, yapının işlevini tam olarak yerine getirememesine yol açar.

Bu çalışmadaki amaç, kullanıcıları sandviç kompozitler ve yapı dış kabuğunda kullanılan metal yüzeyli sandviç paneller hakkında bilgilendirerek, geliştirilecek olan model yardımı ile,

tasarım sırasında tasarımcıların sahip oldukları malzeme alternatifleri arasından en doğru seçimi yapmalarını sağlamaktır.

## **1.2 Varsayım**

Geliştirilecek olan model sayesinde tasarımcılar kullanım alanına en uygun sandviç paneli seçebilecekler, böylece yapısal, çevresel ve ekonomik alanda kazanım elde edilecektir.

## **1.3 Kapsam**

Bu çalışma, ızgara sisteme tespit edilerek uygulanan, yalıtımlı, metal yüzeyli, poliüretan, polistren ve mineral yün dolgulu sandviç panel türleri ile sınırlandırılmıştır.

## **1.4 Yöntem**

Bu çalışmada öncelikle kompozit malzeme tanımı ve sınıflaması yapılarak kullanıcılar kompozit malzeme hakkında bilgilendirilmişlerdir. Daha sonra, kompozit malzemenin bir alt gurubunu oluşturan sandviç kompozitleri oluşturan parçalar, yapıştırıcılar ve üretim yöntemleri incelenmiştir. Bir sonraki bölümde ise, yapı dış kabuğunda tercih edilen metal yüzeyli sandviç panel türleri, nitelikleri, üretim biçimi ile avantaj ve dezavantajları ele alınarak uygulama örneklerine yer verilmiştir. Son bölümde, sandviç panellere ait malzeme özellik tabloları oluşturularak sandviç panel seçimine yardımcı olacak olan performans modeli oluşturulmuştur.

## BÖLÜM 2. KOMPOZİT MALZEME

Bu bölümde kompozit malzemenin tarihçesi, gelişimi ve sınıflandırılması kapsamlı bir biçimde incelenecektir.

### 2.1 Kompozit Malzeme Tanımı, Tarihçesi ve Gelişimi

Günümüzde çok geniş bir kullanım alanı olan kompozit malzemenin tanımı, farklı yaklaşımlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu tanımlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denir. (Onaran, 1991)
- Kompozit malzeme, iki veya daha fazla malzemenin makro ölçüde bir araya getirilmesinden oluşan malzemedir. (Demirkesen, 1989)
- Bir malzemeyi etkenler karşısında, onun yetersiz yönlerini geliştirmek ya da istenen belirli performanslarda malzeme üretmek üzere başka birtakım malzemelerle fiziksel olarak karıştırarak ya da bir araya getirerek elde edilen yüksek performanslı malzemeye kompozit malzeme denir. (Toydemir, 1988)
- Kompozit malzeme, belirli bir amaca yönelik olarak, en az iki farklı maddenin bir araya getirilmesiyle meydana gelen malzeme gurubudur. (Ersoy, 2001)
- Kompozit malzeme, başlangıç malzemelerinin fiziksel özelliklerinden farklı, çok fazlı bir sistem elde etmek için iki veya daha fazla malzemenin fiziksel olarak birleşiminden oluşan katı maddedir. (Holliday, 1966)
- Aynı ya da farklı gruplardan (metal, seramik, plastik) iki ya da daha fazla malzemenin uygun olan özelliklerini tek malzemedeki toplamak, ya da yeni bir özellik ortaya çıkarmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi ile oluşturulan malzemeler kompozit olarak adlandırılırlar. (Aran, 1990)
- Varolan ayrı, iki ya da daha fazla malzemenin, orijinallerinden daha farklı ve iyi özellikler elde etmek amacıyla oluşturulan karışım sistemine kompozit malzemeler denir. (Kocataşkın, 1985)

Genel olarak kompozit malzeme, en az iki ya da daha fazla sayıdaki parçanın, birbirlerinin zayıf yönünü tamamlayarak başlangıç özelliklerinden daha farklı ve üstün özellikler elde etmek amacı ile makro düzeyde birleştirilmeleri sonucu oluşturulan malzemedir.

En az iki ya da daha fazla sayıdaki malzemenin makro ölçüde bir araya getirilmesiyle oluşturulan kompozit malzemelerde, farklı malzemeler, mikro ölçüde de bir araya getirilebilir.

Sonuçta, geliştirilen malzeme mikroskobik açıdan heterojen bir malzeme özelliği gösterse de makroskopik açıdan homojen bir malzeme gibi davranmaktadır. Kompozit malzemenin en büyük avantajı, yapı bileşenlerinin en iyi kalitede seçilebilmesi ve geliştirilen malzemenin özelliklerine sahip olmamalarıdır. (Demirkesen, 1988)

Kompozit malzemelerde, en az iki farklı malzemenin birleştirilmesindeki amaç, bileşenlerde tek başına bulunmayan daha üstün özellikler elde etmektir. Günümüzde, geniş kullanım alanına sahip olan kompozit malzemelerde genelde aşağıdaki kriterler göz önüne alınır:

- İnsan yapısı olması
- En az iki farklı malzemenin fiziksel karışım ya da birleşiminden oluşması
- Kompozit malzemede elde edilen özelliğin kompoziti oluşturan bileşenlerde olmaması (Kocataşkın, 1985)

Yalın malzemeye göre bir üst sistem oluşturan kompozit malzemelerin tasarlanma ve üretilmelerinin bağlı olduğu gereksinimler aşağıdaki gibidir:

- Mekanik performansların yükseltilmesi
- Güvenliğin iyileştirilmesi
- Kimyasal etkenlere karşı dayanıklılığın artırılması
- Maliyetin düşürülmesi
- Fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi
- Sıcağa dayanıklılığın artırılması (Toydemir, 1988)

Bu amaca yönelik olarak farklı yöntemlerin kullanıldığı kompozit malzeme üretiminde değişmeyen temel ilke, bileşenlerin zayıf yönlerinin iyileştirilerek daha nitelikli bir yapının elde edilmesidir.

Malzeme seçimi sırasında sertlik, mukavemet ve rijitlik gibi özelliklerin yanısıra, malzemelerin kullanım amaçlarına göre diğer bazı özelliklerinin de göz önünde tutulması gerekmektedir. Aşağıda belirtilen özelliklerin tümünün tek bir malzemede bulunması mümkün olmasa da söz konusu olan özellikler, kompozit bir malzemede geliştirilebilecek özelliklerdir. (Demirkesen, 1988) Bu özelliklerden başlıcaları;

- mekanik dayanım, basınç, çekme, eğilme, çarpma dayanımı,
- yorulma dayanımı, aşınma direnci,
- korozyon direnci,
- kırılma tokluğu,
- yüksek sıcaklığa dayanıklılık,

- ısı iletkenliği veya ısı direnç,
- elektrik iletkenliği veya ısı direnç,
- akustik iletkenlik, ses tutuculuğu veya ses yutuculuğu,
- görünüm ve de
- ağırlıktır. (Ersoy, 2001)

Yukarıda tanımlanmış olan kompozit malzemenin tarihçesi eski zamanlara dayanır. İnsanoğlu önceleri, çatlamalara karşı toprağı bitkisel liflerle kuvvetlendirmiştir. Daha sonraları ilk tanecikler, Romalılar tarafından, kum ve çakıl gibi mineral partiküllerin çimento ile birleştirilmesiyle kullanılmaya başlanmıştır. Romalılar harç ve betonu, tonoz ve kubbelerde kullanmışlardır. Eski Mısırlılar ilk ahşap tabakalı kompoziti yapmışlardır. (Kocataşkın, 1985)

Eskiden silah yapımında da kullanılan kompozit malzeme, yumuşak bir yapıştırıcı olan kollagen ile sert ve gevrek bir mineral olan apatitten oluşan kemik gibi, doğada değişik şekillerde bulunmaktadır. Linolyum, asfalt agrega karışımları, yüksek performanslı karbon takviyeli kauçuk, cam lifi reçine sistemleri, 1900'lü yılların ikinci yarısında sıkça kullanılan kompozit malzemeler olmuşlardır.

1940'lı yıllarda plastik kökenli malzemelerin gelişmesi sonucunda, bilimsel çalışmalarla yeni malzemeler geliştirilmesine hız verilmiştir. Bu malzemelerden, elektromanyetik geçirgenlik, hafiflik, atmosfer koşullarına dayanıklılık ve mekanik özellikleri ile cam takviyeli plastikler, maliyeti ve elde edilmesi kolay olmasından ötürü oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. (Yıldırım, 1998)

Günümüzde, kompozit malzeme türleri büyük bir hızla artmaktadır. En büyük gelişim, statik ve dinamik dayanıklılıktaki artış ve artan sıcaklık karşısındaki dayanımda olmuştur. Gelecekte benzer gelişimler, manyetik ve elektrik özelliklerinde de beklenmektedir. (Kocataşkın, 1985)

## 2.2 Kompozit Malzemenin Sınıflandırılması

Günümüzde, mühendislik alanında kullanılan kompozit malzeme sayısı oldukça fazladır. Kompozit malzemeleri aşağıda belirtilen dört ana grupta toplayabiliriz:

- Taneciklerle güçlendirilmiş kompozitler
- Tanelerle donatılı kompozitler
- Liflerle donatılı kompozitler
- Tabakalı kompozitler (Ersoy, 2001)

### 2.2.1 Taneciklerle Güçlendirilmiş Kompozitler

Taneciklerle güçlendirilmiş kompozit malzeme türünün yapı alanında kullanımı oldukça sınırlıdır. Bu tür kompozitlerde bir veya birden çok malzeme süspansiyon halinde farklı bir malzemeden oluşan matris içerisinde yer alır. Matris malzemesi asıl yük taşıyıcıdır ve dağılı tanecikler matrisin dayanımını artırırlar. Tanecik boyutu, 0.01-0.1  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Taneciklerle güçlendirilmiş kompozitleri aşağıdaki gibi dört grupta toplayabiliriz:

- Metalik olmayan tanecik ve metalik olmayan matris kompozitleri
- Metalik tanecik ve metalik olmayan matris kompozitleri
- Metalik tanecik ve metalik matris kompozitleri
- Metalik olmayan tanecik ve metalik matris kompozitleri (Ersoy, 2001)

### 2.2.2 Tanelerle Donatılı Kompozitler

Tanelerle donatılı kompozit malzemede bir matris içinde, milimetre ve üzerindeki boyutlarda taneler yer alır. Günümüzde, yapı alanındaki en önemli malzemelerden biri olan beton, bu guruba örnek olarak verilebilir. Tanelerle donatılı kompozit malzemede taneler dağılı fazı, bağlayıcı ise matris malzemesini oluşturmaktadır.

Tanelerle donatılı kompozit malzemede yer alan tane çapı genellikle milimetre olarak anılır. Taneciklerle donatılı kompozitlerin tersine, burada matris malzemesi genelde yardımcı yük taşıyıcı durumundadır. Liflerle donatılı ve tabakalı kompozitlerin sağladığı malzeme özelliklerindeki artış, tanelilere göre daha yüksektir. Tanelerle donatılı kompozit malzemeye örnek olarak, çimento bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler, alçı bağlayıcılı hafif agregalı kompozitler, sinterleşmemiş kompozitler, bitüm bağlayıcılı kompozitler ve rijit köpük halindeki kompozitler verilebilir. (Toydemir, 1988)

Taneli kompozitlerin yapıda kullanımı çok geniş bir alana sahiptir. İnşaat mühendisliği alanında, taneli kompozit malzeme dendiğinde akla ilk gelen malzeme betondur. Doğal taşlar birbirleriyle birleştirilip yapıyı meydana getirdikleri halde beton, birleştirmeye gerek kalmadan üretilerek yapıyı oluşturur.

Agrega adı verilen, kum, çakıl, mıcır gibi taneli mineral malzemelerin su ile karıştırılarak yapışmaları sonucu beton üretilir. (Akman, 1987) Çimento, kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlarken kum, agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurarak betonun doluluk oranını artırır. Betondaki iri agregalar betonun maruz kaldığı kuvvetlere karşı koyarlar. (Postacıoğlu, 1975)

Günümüzde cephe kaplamalarında, polimer bağlayıcılarıyla üretilen ince kesitli, doğal taş görünümlü yapay cephe kaplama malzemeleri kullanılmaya başlamıştır.

Dolgu ve yalıtım işlerinde hafif dolgular, döşemenin işlevlerini yerine getirebilmesine yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Hafif dolgular, düşük döşemelerde dolgu amacıyla uygulanan şaplarda kullanılan kömür cürufu, genişletilmiş kil, gazbeton kırıkları ve agregaları gibi hafif taneli malzemelerdir.

Prefabrike Duvar Kaplama Panelleri olarak kullanılan kaplamalar, seramik kaplama ve armatürlü harç tabakasından oluşur. Bu paneller, dış duvara dışarıdan takılarak uygulanabilirler. (Ersoy, 2001)

Yapıda kullanılan sıvalar ise duvar ve tavan yüzeylerine bir ya da birkaç kat olarak uygulanan, ince agrega, bağlayıcı madde ve sudan oluşan harç niteliğindeki kaplamadır. Sıvalar, kullanıldıkları yere göre dış ve iç sıva olarak ikiye ayrılırlar. (Tanaçan, 2000)

### **2.2.3 Liflerle Donatılı Kompozitler**

Bu kompozit türü, bağlayıcı madde görevi yapan sürekli faz içinde, liflerin dağılması sonucu oluşmaktadır. Kompozit malzemeler içinde liflerle donatılı kompozit malzemeler oldukça önemli bir yere sahiptirler. Liflerle kuvvetlendirilmiş plastikler uzun yıllardan beri mühendislik alanında çok geniş kullanıma sahiptirler.

Genelde, malzemelerin lif halinde olmaları onların mukavemetlerini artırıcı bir neden olmaktadır. “Whisker” olarak adlandırılan yüksek mukavemetli tek kristaller halinde bulunan cisimlerin mukavemeti, normal boyutlu olanlara oranla yaklaşık bin kat daha fazladır. Bu tür malzemeler, uçak ve uzay araçları gibi yorulma direncinin büyük önem taşıdığı uygulamalarda önem kazanmışlardır. (Demirkesen, 1988)

Liflerle donatılı kompozit malzeme, kompozitin sürekli fazını, lifleri bir arada tutarak onları mekaniksel ve kimyasal hasarlara karşı koruyan matris malzemesi oluşturmaktadır. Matris malzemesi, seramik, metalik veya polimerik esaslı olabilir. Matris içindeki ikinci faz, donatı halinde bulunan ikinci malzemedir. Liflerle matris arasında, malzemeyi zayıflatacak bir kimyasal reaksiyon olmamalı ve liflerin matristen kopup ayrılmasını engelleyecek kadar kuvvetli bir bağ bulunmalıdır.

Taneli kompozitlerde bulunan dağınık fazın üç boyutu da birbirine yakın olduğu halde, liflerle donatılı kompozitlerdeki liflerin boyutları birbirlerinden çok farklı olabilmektedir. Liflerin boyları çaplarına oranla daha büyüktür. Liflerin çapları ortalama 0.01 mm. civarında olduğundan tek başlarına kullanılamazlar. Liflerin, yüksek mukavemetli ve hafif bir

malzemeye dönüşebilmeleri için sünek bir matrisle birbirlerine bağlanmaları gerekmektedir. (Ersoy, 2001)

Sünek bir matris içinde bulunan liflerin çatlaması veya kırılması sünek matris tarafından önlenerek, yayılmadan, çok küçük ölçekte kalır. (Onaran, 1986)

Metal matrisli kompozitleri üretmek plastik matrislilere oranla daha zor olsa da, bu tür kompozitler yüksek sıcaklıktaki uygulamalar için daha elverişlidir.

Liflerle donatılı kompozitlere özgü önemli bir özellik de liflerin buldukları konum yani lif yönüdür. Liflerle donatılı kompozit malzemede lifler, kuvvet yönüne göre paralel, dik veya rasgele dağılmış halde bulunurlar.

Liflerle donatılı kompozit üretiminde, cam lifleri, çelik teller, plastik esaslı yapay organik lifler ve bitkisel esaslı lifler donatı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Plastik esaslı yapay organik liflerden, polipropilen ve polietilen lifleri, kompozit malzemeye strüktürel performans ve işlevsellik katarlar. Bu lifler, liflerle donatılı kompozitler için aşağıdaki avantajları sağlarlar;

- hafif ağırlıktaki yapımları mümkün kılarlar, (Polipropilen lifleri tüm lifler içinde en düşük özgül ağırlığa sahiptirler)
- kolay işlenebilirlik ve çevre dostu termoplastiktirler,
- sertlik ve darbe dayanımı gibi mekaniksel özelliğe sahiptirler,
- sert çevre koşullarına dayanıklıdır,
- istenildiğinde kompozite sağlamlık ve yumuşaklık katarlar. (Ersoy, 2001)

Liflerle donatılı kompozitlere örnek olarak, çimentolu ahşap talaşı ve manyezi çimentolu ahşap talaşı gibi çimento bağlayıcı kompozitler, polyesterli cam lifi ve bakalitli cam yünü gibi polimer bağlayıcı kompozitler ile asfalt bağlayıcı cam lifi gibi asfalt bağlayıcı kompozitler gösterilebilir. (Toydemir, 1988)

Liflerle donatılı kompozitler, diğer kompozit türleri içinde işlenmesi en zor olanlardır ve diğerlerine oranla daha pahalıdır. Bu malzemeler, otomobil endüstrisi, yapı sektörü, ev aletleri, mobilya üretimi, havacılık ve uzay endüstrisi gibi pek çok alanda kullanılmaktadırlar. Örnek vermek gerekirse, liflerle donatılı kompozitler çok gelişmiş ve çok pahalı olan , gövdesinde termoset polimer matrisi içinde karbon liflerinin bulunduğu yarış bisikletleri gibi bazı spor araçlarda kullanılmaktadır. Bazı arabaların ve yarış otomobillerinin gövde kısmı termoset bir matris içindeki cam liflerinden oluşmaktadır. Liflerle donatılı kompozitlerin yapıdaki kullanım alanlarından bazıları aşağıda verilmiştir.

Döşemelerde çok yüksek düzeyde basınç, çekme, eğilme veya kayma gibi gerilmelerin oluşması durumunda kullanılacak betona çelik teller ilave edilir. Bu tür betonlar özellikle, endüstri yapılarının depo, imalathane gibi bölümleri ile ağır hizmet koşullarının olduğu döşemelerde kullanılırlar.

Düz ve ondüleli levhalar şeklinde üretilen cam takviyeli çatı ve cephe elemanlarının üretiminde cam lifi ve polyester reçinesi kullanılmaktadır. (Ersoy, 2001)

#### **2.2.4 Tabakalı Kompozitler**

Lamine kompozitler olarak da adlandırılan tabakalı kompozitler genelde levha malzeme olarak bulunmaktadır. Tabakalı kompozitler, değişik özelliklere sahip tabakaların birleştirilmeleri ile oluşturulurlar. Aşağıda tabakalı kompozit çeşitleri incelenmektedir.

##### **2.2.4.1 Tabaka Yapılı Metal Kompozitler**

Tabaka yapılı metal kompozitler, birbirinden farklı iki ya da daha fazla metalin tabakalarının birleştirilmesiyle oluşurlar. Metal tabakalı kompozitlere örnek olarak bakır kaplı paslanmaz çelik kupronikel (bakır-nikel alaşımı) kaplı bakır gösterilebilir. Bakır kaplı paslanmaz çelik, yapılarda kaplama malzemesi olarak ve soğutma sistemlerinde kullanılır. Çeliğin termal iletkenliği bakıra göre daha düşük olduğundan, malzemenin lehmlenebilme özelliğini geliştirir. (Demirkesen, 1988)

Tabaka yapılı metal kompozitler gurubuna, iki alüminyum levha arasına yerleştirilmiş polimer tabaka ile oluşturulan kompozit levhalar da girmektedir. Polimer dolgulu alüminyum kompozit levhalar günümüzde, binaların cephe giydirme sistemlerinden dekoratif uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadırlar.

Tabaka yapılı metal kompozitler genelde, haddeme, beraber ekstrüzyon, patlamalı kaynak ve lehimleme şeklinde üretilirler. Bu yöntemler aşağıdaki bölümlerde açıklanmışlardır.

##### **Haddeme**

Haddeme yönteminde, ısı ve basınç altında haddelenen metallerin ara yüzeylerinde bir bağ oluşur. Haddeme işlemi sırasında birleşecek olan esas metal ile kaplama metalinin pek çok birleşim çeşidi vardır. Birleştirilecek olan parçaların ergime sıcaklığı, sünekliği ve kalınlığına bağlı olarak sıcaklık, hadde basıncı gibi özel haddeme koşulları değişiklik göstermektedir.

### **Beraber Ekstrüzyon**

Bu işlem sırasında, temizlenmiş metal yüzeyler arasında basınç altında difüzyon bağları oluşturulmaktadır. Bu yöntemle, uzun teller ve çubuklar şekillendirilirler.

### **Patlamalı Kaynak**

Patlamalı kaynak yönteminde tabakalar, patlamanın getirmiş olduğu basınç altında, çok kısa bir süre içerisinde birleştirilirler. Üstteki tabaka patlama sonucu yüksek bir hızla alttaki levhaya çarpar. Bu çarpma ile beraber alttaki levhadan ince bir yüzey filmi çıkar ve levhanın yüzeyi temizlenmiş olur. Diğer yöntemlerle kaynak edilemeyen farklı özelliklere sahip olan metaller, bu yöntemle hızlı ve ekonomik bir şekilde kaynak edilirler.

### **Lehimleme**

Lehimleme işlemi sırasında, metal tabakalar arasındaki lehim malzemesi ergiyip katılarak iki tabakayı birbirine bağlar. Lehimleme malzemesi olarak, bakır, çinko ve nikel alaşımları, kompleks bakır, çinko ve kalay alaşımları ve yüksek çinkolu pirinçler kullanılır. (Demirkesen, 1988)

Geniş bir uygulama alanına sahip olan metal tabakalı kompozitlerin endüstriyel uygulamaları, havacılık, kimya endüstrisi, metalik para, deniz ulaşım araçları ve yapı alanlarında mevcuttur.

#### **2.2.4.2 Polimer Esaslı Tabakalı Kompozitler**

Plastik malzemelerin üstün özelliklerinin yanı sıra sahip oldukları düşük mukavemet özellikleri plastik malzemelerin güçlendirilmeleri için çeşitli çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu nedenle 1950'lerde polimer esaslı malzemeler geliştirilmeye başlanmıştır. (www.designophy.com)

Son kırk yıl içinde, polimer esaslı tabakalı kompozitlerin kullanımı hemen her alanda artmıştır. "Laminat malzeme" olarak adlandırılan polimer esaslı tabakalı kompozitlerin pek çok çeşidi bulunmaktadır. Bu çeşitleri incelemeye önce, polimerlerin avantaj ve dezavantajlarını incelemekte yarar vardır. Polimerler, yoğunluğu düşük, hafif, kolay ve hızlı üretilen, atmosferik korozyon ve kimyasal maddelerin çoğuna karşı dirençleri yüksek olan malzemelerdir. Polimerlerin dezavantajları ise, mukavemet modülleri ile ısıl direnç ve kararlılıklarının düşük olması, ayrıca ergime sıcaklıkları düşük olduğu için düşük sıcaklıklarda kullanılmalarıdır. (Demirkesen, 1988)

Silikonlarla emprenye edilmiş cam lifi dokumalar ile reçinelerle tabakalar halinde birleştirilen cam veya naylon elyaf dokumalar, polimer esaslı tabakalı kompozit malzemeye örnek olarak

gösterilebilir. Bu kompozitler ayrıca, cam lifi tabaka ile güçlendirilmiş iki köpük tabakasının üzerine uygulanan vinil esaslı tabaka şeklinde, döşeme malzemesi olarak da kullanılmaktadırlar. (Ersoy, 2001)

### **2.2.4.3 Cam Tabakalı Kompozitler**

Günümüzde, cam tabakalı kompozitler genelde lamine cam olarak adlandırılırlar. Cam malzeme, iç ve dış ortamlar arasında çok iyi dayanım göstermesine rağmen kırılğan yapısından dolayı darbe ve kırılma riski yüksek olan yerlerdeki kullanımı sınırlı olabilmektedir. Bundan dolayı cam malzemenin kırılğanlığını azaltarak dış etkilere karşı üstün özelliklere sahip olmasını sağlamak amacıyla cam tabakalı kompozit malzeme üretilmiştir.

Lamine cam, iki veya daha fazla cam plaka arasına özel bağlayıcı polivinil butiral (PVB) tabakalar konularak bu plakaların belirli bir ısı ve basınç altında birleştirilmeleri ile elde edilir. Üretim sırasında cam ve PVB tabakalarının sayıları artırılarak dayanımları artırılır. Güvenlik camları olarak da bilinen bu camlar kırılma halinde parçaları yerinde tutarak yaralanma riskini azaltırlar. Lamine camlar aynı zamanda gürültü kontrolü açısından ve düşük UV geçirgenlikleri sayesinde eşyaların doğal renklerini daha uzun korumalarına yardımcı olmalarından dolayı da tercih edilmektedirler. (www.yildizcam.com)

### **2.2.4.4 Ahşap Tabakalı Kompozitler**

Organik bir malzeme olan ahşap, tabakalı malzeme üretiminde kullanılan en eski malzemelerden biridir. 1950'lerden sonra, yapay ahşap olarak adlandırılan ahşap malzemelerin kullanımı artmaya başlamıştır.

Yapay ahşap malzemenin önemli bir gurubunu oluşturan tabakalı ahşap malzemeler, kaplama levhalar ve kontrplaklar olarak ikiye ayrılırlar.

Genellikle mobilya üretimi ve iç mimarlık uygulamalarında kullanılan kaplamalar yapay ahşap malzemeyle birleştirilirler. Bu uygulamalarda kaplamaların renk ve doku özelliklerinin görsel etkileri kullanılır. Kaplama olarak kullanılan ağaç türleri daha çok, ceviz, dişbudak, meşe, kavak, çam ve çınar gibi ağaçlardır.

Tabakalı ahşap kompozitlerin bir diğer gurubunu ise kontrplaklar oluşturmaktadırlar. Kontrplak, ince ahşap katmanlarının lifleri birbirine dik gelecek biçimde fenolik reçine ile yapıştırılıp preslenmesi ile elde edilen ahşap paneldir. Birbirlerine dik olarak yerleştirilen

katman sayısı en az üç olmalıdır. Katman sayısının her zaman tek olması yüzey katmanlarının lif yönlerinin aynı olmasını sağlar.

Kullanım alanı çok geniş olan kontrplak malzemenin üretim ve kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. Eski Mısır'da mumyalar, kesilmiş, çapraz yapıştırılmış kutularda muhafaza ediliyorlardı. Amerika'da 19.yüzyılın ortalarında ilk katman soyucular üretilmeye başladılar. Finlandiya'da, İlk kontrplak fabrikasında üretilen kontrplaklar mobilya sektöründe, ayrıca sigara ve dikiş kutusu üreticileri tarafından tüketilmeye başlanmıştır.

Yapıştırıcılardaki gelişmeler sayesinde kontrplağın kullanım alanı gelişti. 1960 yılında, yapıştırma ve kaplamada fenolik reçine kullanılması ile hava şartlarına dayanımı artırılan kontrplak dış mekanlarda kullanılmaya başlandı. 1980-90 yılları arasında kontrplak seçenekleri artırılarak değişik türlerde kontrplaklar üretildi. (www.wisa.com.tr)

Kontrplak üretiminde kuru yöntem ve yaş yöntem olmak üzere iki yöntem uygulanmaktadır. Uygulanan bu yöntemler sonunda, dilimlenmiş tabakalar yapıştırılıp preslenerek birleştirilmektedirler. Kontrplak panellerin kaplanması, sert ağaç katmanları, fenolik film, plastik laminat, doyurulmuş kağıt, fiber takviyeli reçine, boya veya cila ile gerçekleştirilmektedir. (Ersoy, 2001)

#### **2.2.4.5 Tabakalı Lifli Kompozit Malzemeler**

Tabakalı lifli kompozitler, liflerle donatılı kompozit malzeme ile tabakalı kompozit malzeme üretimlerinin karıştırılması sonucu meydana gelirler. Tabakalı liflerle donatılı malzemeye örnek olarak cam takviyeli polyster tekne gövdeleri, araba gövdeleri, uçak kanat panelleri gösterilebilir. Katlı tabakalar veya ince tabakalar halinde üretilerek geliştirilen cam takviyeli polyster (CTP), ilk modern polimer esaslı malzemedir. Cam takviyeli polysterin kullanımındaki artışın nedeni sağlam ve hafif olmasıdır. (www.designophy.com)

#### **2.2.4.6 Sandviç Kompozitler**

Sandviç kompozitler, çeşitli yönlerden farklılıklar gösteren tabakaların bir araya getirilmesiyle oluşturulan tabakalı kompozitlerin özel bir türüdür. Sandviç kompozitlerin kullanılma amaçları yapısal performansı geliştirmektir. Genel olarak, iki adet ince, sert ve güçlü yüzey ve bu yüzeylere göre daha kalın, hafif ve nispeten daha zayıf bir özün birleşmesinden meydana gelirler. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanı bulan sandviç kompozitler yapı alanında da oldukça sık kullanılmaya başlanmışlardır. Sandviç kompozitler bir sonraki bölümde kapsamlı biçimde ele alınmışlardır.

### **BÖLÜM 3. SANDVIÇ KOMPOZİTLER**

Bir sandviç kompozit, çeşitli yönlerden farklılıklar gösteren tabakaların bir araya getirilmesiyle oluşturulan tabakalı kompozitlerin özel bir türüdür. Tipik bir sandviç kompozit genelde üç ana bölümden oluşmaktadır; iki adet ince, sert ve güçlü yüzey, kendilerine göre daha kalın, hafif ve nispeten daha zayıf bir özle ayrılırlar. Yüzeyler, bileşenler arasında bir yük geçişi sağlamak amacı ile öze yapıştırılarak birleştirilirler.

#### **3.1 Sandviç Kompozit Tanımı ve Uygulama Alanları**

Bir sandviç kompoziti göz önünde canlandırmanın en iyi yolu, sandviç kompoziti basit bir "I" kirişle karşılaştırmak olacaktır. Bir sandviç kompozitin tasarımı, bükülme merkezinden ve tarafsız eksenden en uzak noktada olan başlıkların arasında bulunan malzemenin strüktürel biçiminden dolayı, "I" çelik kirişi şeklindedir. "I" çelik kiriş gövdesinde, başlıkların bir uyum içinde hareket etmesiyle, bükülme ve kesme kuvvetlerini karşılayacak yeterlilikte malzeme bırakılmaktadır. Bir sandviçte yüzeyler, "I" kirişin başlıklarının , öz ise aradaki gövdenin yerini almaktadır. Gerilme ve basınç etkisi altında olan yüzeyler, sandviç kompozitin kuvvetli olmasını sağlarlar. Aralarındaki fark ise sandviçin özünün yüzeylerinden daha farklı bir malzemeden meydana gelmesi ve yüzeyler arasında saçılmış halde bulunarak yüzeylere sürekli bir destek sağlamasıdır. Ayrıca, x düzleminde kuvvetlere, y düzleminde ise eğilmeye karşı dayanacak şekilde tasarlanmış olan "I" kirişten farklı olarak sandviç panel, x-y düzlemindeki her hangi bir aksta çeşitli kuvvetlerle karşılaşmaktadır. Yüzeyler arasında kalarak onlara destek olan öz, kesmeye karşı dayanım sağlar ve yüzeyleri bükülmeye karşı sabitleştirir. Özün malzeme özellikleri ve kalınlıkları sandviç kompozitin sertliğini belirler. Yüzeyler ve öz arasındaki bağın, aralarında oluşan kesme ve gerilme kuvvetlerini karşılayacak kadar kuvvetli olması gerekmektedir.

Pek çok durumda, kullanışlı bir sandviç kompozitte özün ağırlığı, yüzeylerin toplam ağırlığına eşittir. Yüzeyleri, düşük ağırlıktaki bir özle ayırmak, kompozitin atalet momentini artırır ve böylece eğilme direnci güçlendirilmiş olur. Bu yüzden, bir sandviç strüktürün eğilme direnci, yüzeylerle aynı malzemeye ve aynı ağırlığa sahip olan bir başka katı strüktürünkünden daha fazladır. ([www.uab.edu/compositesLab](http://www.uab.edu/compositesLab))

Düşük kesme modülüne sahip olan malzemeler strüktürel özler için uygun değildir çünkü kesme kuvveti karşısında yeterli dayanımı gösterememektedirler. Bu tür özlerden yapılacak olan strüktürler zayıf, aşırı esnek olmalarının yanı sıra kolayca bozulacaklardır.

Öz içindeki bölüntüler tarafsız eksene diktirler. Bu da, öz içindeki tabakaların kaymaya karşı direnç göstermekte olduğunu ve öz ve yüzeylerin gerilme ve sıkıştırmaya karşı kuvvetlendirildiklerini göstermektedir.

Zayıf katmanlardan yapılmış olan ve eğilme kuvveti verilen sandviç kompozit çatlayıp kırılacaktır. Çatlama yüzeyde ve gerilmeye maruz kalan bölgede başlayacaktır. Bu durum, yüzeydeki kuvvetlerin sandviç kompozitin kırılma kuvvetini aştığını ve daha büyük kuvvetlerin sandviç kompozitin yüzeyinde sınırlandırılmış olduğunu göstermektedir. Yüzeyi büyük kuvvetlerden kurtarmak amacı ile daha kuvvetli bir yüzeyin sandviç kompozite yapıştırılması gerekmektedir. (www.oneoceankayaks.com)

Sandviç kompozitin uygulama alanları çok çeşitlidir. Bazı taşıt araçlarında sandviç kompozit, daha yüksek sertlik, dayanım ve ısı yalıtımı sağlamak için strüktürlerin bazı bölümlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, zor iklim şartlarında aracın hareket edebilmesi için düşük strüktürel ağırlığa sahip olması gerektiğinden dolayı sandviç kompozit kullanılmaktadır. Vagon strüktüründeki benzer bir uygulama, gıda taşınmacılığında düşük ağırlıklı, yüksek ısı yalıtımlı sandviç yapıları taşıyıcılarda görülür.

Sandviç kompozitler ayrıca akustik ve ısı yalıtımını geliştirecek ve üretim fiyatlarının azaltılmasını sağlayacak detayların geliştirilmesi ve ağırlığın azaltılması amacıyla araba ve tren gibi bazı taşıma araçlarında kullanılırlar.

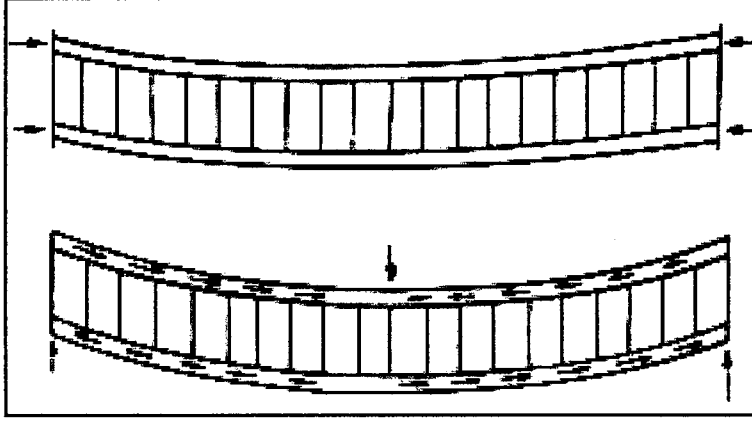
Döşeme kaplaması ile iç ve dış kaplama panelleri olarak da kullanılan sandviç kompozitlerden yapılan tekne ve gemiler de bulunmaktadır. Teknelerde, güverte ve dış kabukta genelde sandviç kompozitler kullanılır. Daha büyük gemiler sandviç kompoziti, düşük strüktürel ağırlık için kullanılmaktadırlar. İnşaat mühendisliği alanında, düşük ağırlıkta ve ısı yalıtımlı sandviç paneller kullanılmaktadır.

Sandviç kompozitin kullanıldığı bir diğer alan hava taşınmacılığıdır. Hem sivil hem de askeri uçaklarda sandviç strüktürler, çok uzun zamandır kanatlar, kuyruk kısımları, kapılar, kontrol alanları, antenler ve güneş panellerinde kullanılmaktadırlar.

### 3.2 Sandviç Strüktürün Tasarım Kriterleri

Sandviç strüktürlerin tasarımında dikkat edilmesi gereken bazı tasarım kriterleri vardır. Bu tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir: (www.msm.cam.ac.uk)

- Yüzeyler, gerilimlere dayanacak kalınlıkta olmalıdır. Yükler, sıkıştırma ve kesme kuvvetlerine sebep olmaktadır (Şekil 3.1).



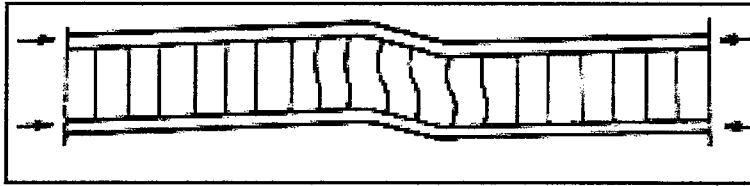
Şekil 3.1 Yüzeylerin sıkıştırma ve kesme kuvvetlerine dayanımı (www.msm.cam.ac.uk)

- Öz, yüklerin sebep olacağı kesme kuvvetlerine dayanacak kuvvette olmalıdır. Yapıştırıcı, kesme kuvvetini özün içine taşıyacak kuvvette olmalıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Özün kesme kuvvetlerine dayanımı (www.msm.cam.ac.uk)

- Öz, yük altındaki sandviçin bükülme ve kıvrılmasını önlemek amacıyla yeterli kalınlıkta olmalı ve yeterli kesme modülüne sahip olmalıdır (Şekil 3.3).



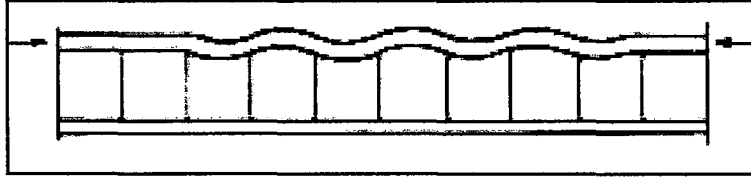
Şekil 3.3 Özün yük altındaki bükülme dayanımı (www.msm.cam.ac.uk)

- Özün ve yüzey kaplamalarının sıkıştırıcı modülleri, yükler altında yüzeylerin bozulmasını önleyecek yeterlilikte olmalıdır (Şekil 3.4).



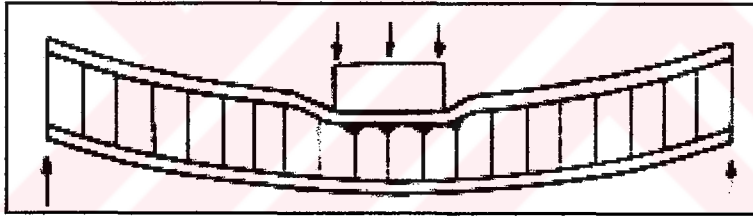
Şekil 3.4 Öz ve yüzeylerin yük altındaki buruşma dayanımı (www.msm.cam.ac.uk)

- Özün içinde bulunan gözenekler, yükler altında, yüzeylerdeki çukurlaşmayı önleyecek kadar küçük olmalıdırlar (Şekil 3.5).



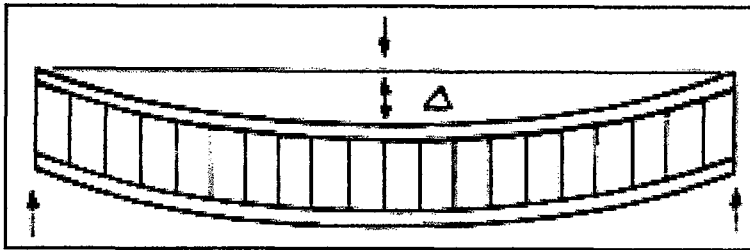
Şekil 3.5 Yüzeylerdeki çukurlaşma (www.msm.cam.ac.uk)

- Öz, panel yüzeylerine dik olarak gelen yüklerle olan çarpılmaya dayanacak yeterlikte sıkıştırma kuvvetine sahip olmalıdır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Çarpılmaya dayanım (www.msm.cam.ac.uk)

- Yükler altında meydana gelebilecek aşırı şekil değişimlerinden kaçınmak amacıyla, tüm yapı yeterli esnekliğe sahip olmalıdır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Şekil değişimlerine dayanım (www.msm.cam.ac.uk)

### 3.3 Sandviç Kompoziti Oluşturan Parçalar

İki ince, sert ve dayanıklı yüzey malzemesinin kendilerinden daha yumuşak ve kalın olan bir öz malzemesi ile ayrılmalarından oluşan sandviç kompozitlerde kullanılan öz ve yüzey malzemeleri geniş bir çeşitliliğe sahiptirler. Yüzey malzemeleri çelik, alüminyum, liflerle donatılı plastikler, ahşap, beton, reçineye batırılmış kağıt türlerinde olabileceği gibi, öz malzemeleri de polietilen, kauçuk, balsa, metal, gözenekli malzemeler, delikli yonga levha, köpükleştirilmiş cam, mineral yün, köpük malzemeler, hafif beton ve toprak ürünlerden oluşabilmektedir. Şekil 3.8’de sandviç kompozitler sınıflandırılmaları gösterilmektedir.

Günümüzde çoğunlukla kullanılan sandviç kompozit türlerini oluşturan öz ve yüzey parçaları aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

#### 3.3.1 Dış Yüzey Parçaları

Sandviç Kompozitlerde kullanılan dış yüzey parçaları kompozit yüzeyler ve kompozit olmayan yüzeyler olarak ikiye ayrılabilirler. Kompozit yüzey sınıfına giren polimer kompozitler, ya öze doğrudan birleştirilirler, ya da önce bir işlemle üretilip daha sonra başka bir işlemle öze birleştirilirler. Liflerle donatılı polimerler de kompozit uygulamalarında sıkça uygulanan yüzey elemanları olarak kullanılabilirler. Bu malzemeler, cam, karbon ve aramidin değişik çeşitleri ile tüm termoset ve termoplastik reçine türleridir.

Kompozit olmayan yüzey malzemeleri ise genelde metal levha, ahşap kaplama ve donatısız polimerleri içermektedir. Bu malzemeler her zaman, bir işlemle önceden üretilip daha sonra öze birleştirilirler. Paslanmaz çelik, alüminyum ve bakır gibi metal levhalar ucuz maliyetlerine karşın sundukları üstün mekaniksel özelliklerinden dolayı oldukça fazla tercih edilmektedirler. Buna rağmen, diğer kompozit yüzeylerle karşılaştırıldıklarında, metal levhaların daha ağır oldukları görülmektedir. ([www.msm.cam.ac.uk](http://www.msm.cam.ac.uk))

#### 3.3.2 Öz Parçaları

Sandviç kompozitlerde çoğunlukla kullanılan öz parçaları genel olarak boşluklu ve dolu gövdeli olmak üzere iki guruba ayrılabilir. Boşluklu özleri, bal peteği özler ve oluklu özler olarak ikiye ayırabiliriz. Dolu gövdeli özler gurubuna ise köpük ve katı özler ile mineral yün özler girmektedir. Şekil 3.8’de öz elemanlarına göre sandviç kompozitler sınıflara ayrılmışlardır.

Öz parçası öncelikle, sandviç kompozitin toplam ağırlığına olabildiğince az ağırlık eklemek amacı ile düşük yoğunlukta olmalıdır. Öz parçası kesmeye karşı dayanım sağlar ve

yüzeyleri bükülmeye karşı sabitleştirir. Isı ve ses yalıtımı gibi, sandviç strüktürün diğer fonksiyonları, öncelikle öz parçasının malzemesine ve kalınlığına bağlıdır. Öz parçasının başlıca özellikleri, düşük yoğunluk, yüzeylere dik darbelere dayanım, ısı ve ses yalıtımı, yüksek kesme direnci ve kesme modülüdür. (Vinson,1999)

### 3.3.2.1 Bal Peteği Özler

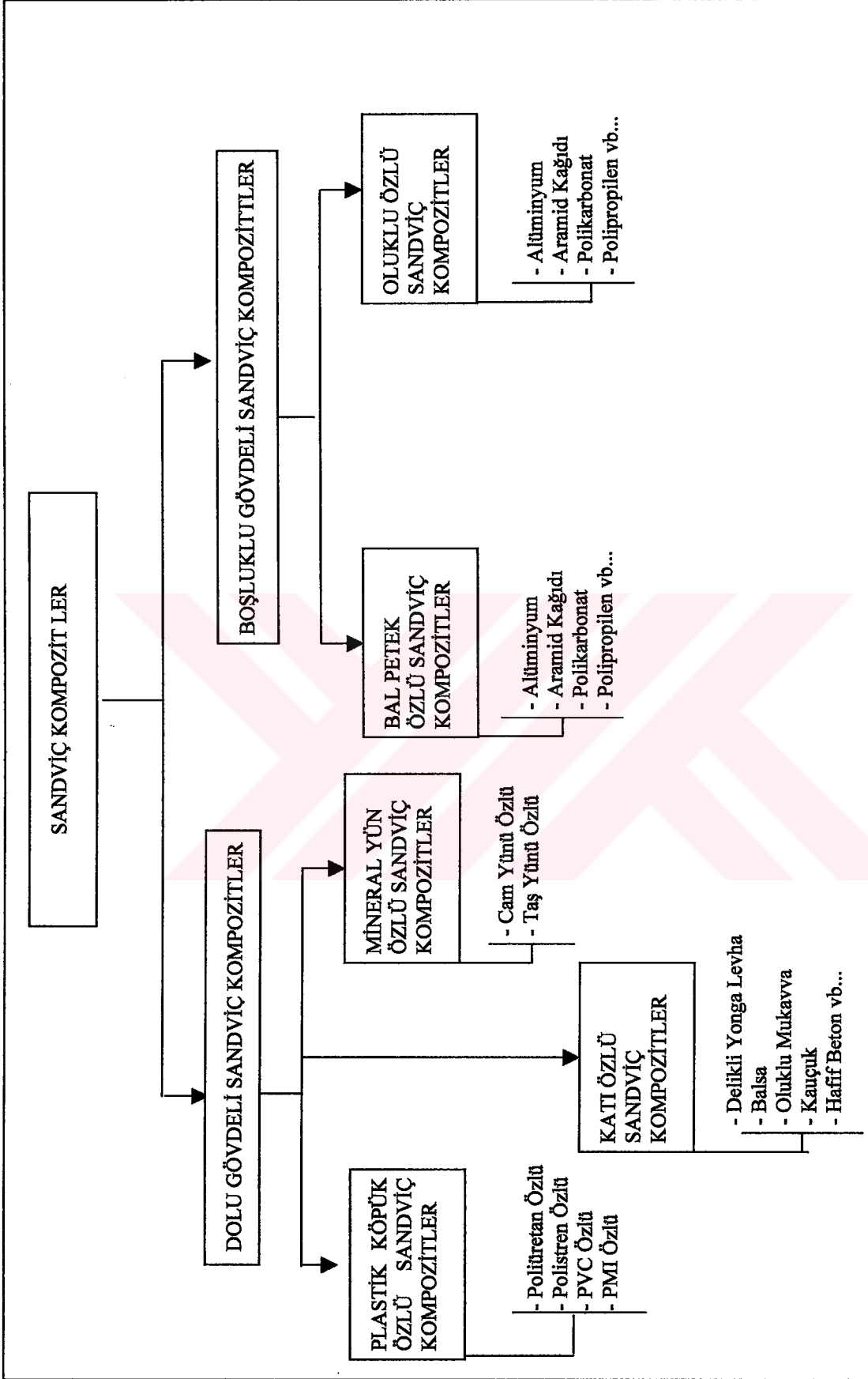
Bal peteği özler, daha çok havacılık, denizcilik ve taşımacılıkta kullanılan düşük ağırlıklı strüktürlerin üretiminde kullanılırlar. Bal peteği özler, alüminyum veya diğer yüksek kuvvetteki kompozit malzemelerin arasında “sandviç” haline getirilmişlerdir. Gerilerek veya yeniden şekillendirilerek bir altıgen strüktüre dönüştürülen bu öz malzemesi, sandviç paneli oluşturmak üzere yüzeylere yapıştırılmaktadır. Bal peteği özlü panellerin yapıştırma işlemleri, her panele aynı düzgünlüğü verebilmek için, ısıtılmış hidrolik kontrollü preslerde yapılmaktadır. Panel, yapıştırıcı kütleme işlemi süresince presin içinde kalır. Yüzeyler arasındaki bağın kuvvetli olması, prese ve verilen sıcaklıklara bağlıdır.

Bal peteği özler geniş bir çeşitliliğe sahiptirler. Yaygın olarak kullanılan bal petek özleri alüminyum, fenolik reçineye batırılmış aramid kağıdı, polipropilen, polikarbonat veya kumaştan yapılabilirler. Fenolik, naylon fenolik veya polyester gibi plastik emprenyeler sistemin sağlam olmasını sağlarlar. Değişik özelliklere sahip olan tüm özler çok sayıda bal peteği panel uygulamalarında kullanılmaktadırlar. (www.eng.uab.edu)

Bal peteği özlü panellerde kullanılan diğer özler, polivinilklorid, polietilen, polyester ve poliyamittir. Tüm bu özler, kuvvet ve sertliğin öncelikle aranmadığı, hafif ve düşük mukavemet gücüne sahip seçenekler için uygun olabilecek uygulamalarda kullanılmaktadırlar.

Bal peteği paneller için kullanılan yüzey malzemeleri, alüminyum levha, çelik levha, cam donatılı plastikler, polivinilklorid (PVC) ve paslanmaz çeliktir. Bu yüzey malzemeleri, çeşitli miktar ve kalınlıklarda, değişik iç ve dış uygulamalarda birleştirilerek kullanılabilirler. Bal peteği panellerin genişliği, kullanım yerine uygun olarak 1200mm'ye kadar üretilirken, boyları ise kullanılan malzemelere ve proje beklentilerine uygun olarak üretilmektedirler.

Bal peteği özlerinin çok üstün özellikleri bulunmaktadır. Bunlar; yüzeye dik gelen darbelere dayanım, ağırlık/ mukavemet oranının düşüklüğü ve yüksek kesme dayanımıdır.



Şekil 3.8 Öz parçalarına göre sandviç kompozitler

Bunun yanında, bal peteği özlerinin zayıf yönleri olarak, yüksek maliyetleri, sandviç kompozit haline getirilmeleri sürecinin zorluğu, dış yüzeylere yapıştırılmalarındaki zorluk ve eğimli yüzeyleri bal peteği öz ile dönmenin özel bir teknik gerektirmesi gösterilebilir. (www.hexcelcomposites.com)

Bal petek özlü sandviç kompozitler aşağıdaki özelliklere sahiptirler;

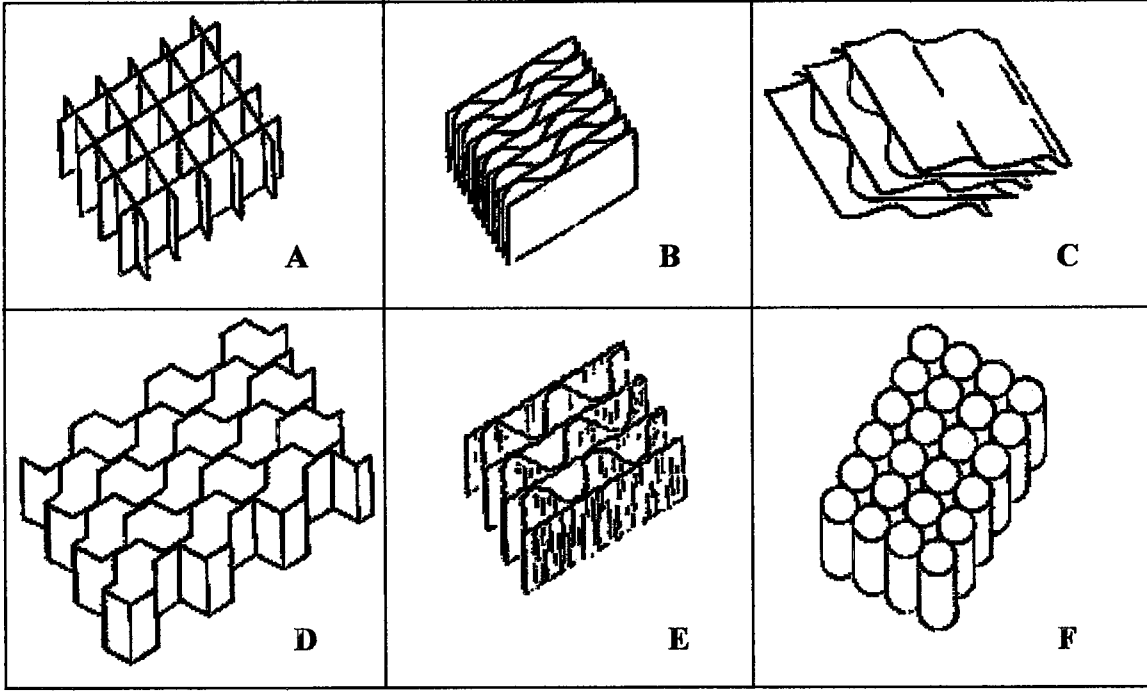
- korozyon direnci,
- yüksek yoğunluk, küçük boyuttaki gözenekler,
- iyi elektrik ve ısı yalıtımı
- bakteri dayanımı
- yüksek kesme modülü
- çok düşük ısısız genişleme kat sayısı
- değişik renk ve şeffaflık dereceleri

Bu tür özlerin kullanıldıkları bazı uygulamalar ise, tüneller ve ızgaralar, radar ve antenler, çatı ışıklıkları, bölücü sistemler, taşımacılık sektörü, cephe kaplama ve havacılık sektörüdür. (www.aerocell.com)

Bal peteği özlere ait değişik biçimler aşağıdaki gibidir. Düz ve oluklu levhaların değişik şekillerde bir araya getirilip yapıştırılmaları ile elde edilen özler Şekil 3.9b ve Şekil 3.9c'de görülmektedir. Şekil 3.9f'deki öz ise balsa özün yerine geçmesi için tasarlanmış, yüzeye dik tanelerden oluşmaktadır. Şekil 3.9d'deki öz, deforme edilmiş alüminyum folyo kullanılarak üretilen bir özdür. Şekil 3.9e'deki öz ise buruşturulmuş folyo kullanılarak yapılır ve klasik bal peteği özleriyle aynı özellikleri gösterir.

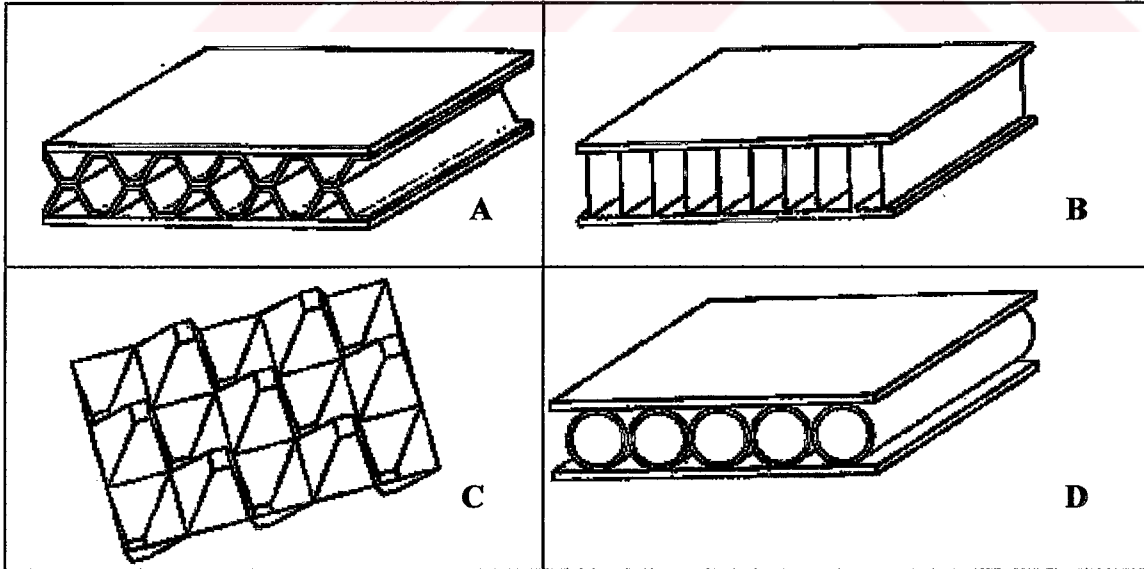
### 3.3.2.2 Oluklu Özler

Oluklu özler, yivli metal bir levhanın sandviç kompozitin yüzeylerine yapışmasından meydana gelir. Oluklu özler de, metalik olmayan bal peteği özler gibi reçineye batırılmış kağıt ve donatılı plastiklerden meydana gelirler. Oluklu özlü paneller, havacılıkta daha az kullanılmalarına rağmen, düşük üretim maliyetleri ve yüzeylere kolay yapışabilme özellikleri yüzünden, paketlemede, taşımacılıkta ve yapı elemanı olarak kullanılmaktadırlar. (www.msm.cam.uk)



Şekil 3.9 Bal peteği öz biçimleri (Allen, 1969)

Oluklu özlerin değişik biçimleri aşağıdaki gibidir. Şekil 3.10b'de paralel parçalı öz boşlukları, plastik dolgu ile doldurularak güçlendirilebilirler. Şekil 3.10a ve Şekil 3.10d'deki tüp ve çift makas biçimindeki özler daha yaygındırlar. Şekil 3.10c'deki çukurlu öz biçimi ise, yumurta paketlenmesinde kullanılan kağıt hamuru levhalara benzemektedir.



Şekil 3.10 Oluklu öz biçimleri (Allen, 1969)

### 3.3.2.3 Köpük ve Katı Özler

Yüksek yoğunluklu ve yüksek kaliteli, gözenekli köpük özlerin gelişimi, sandviç kompozit kullanımını büyük ölçüde etkilemiştir. Metalik veya polimerik olabilen köpük özler, iki boyutlu olan bal peteği ve oluklu özlerin tersine, üç boyutlu bir alan doldurmaktadırlar. Köpük strüktürü, açık hücreli, kapalı hücreli veya karma hücreli olabilmektedir.

Gözenekli köpükler, bal petekliler kadar yüksek sertlik ve dayanıma sahip olamasalar da, bal peteklilerden daha ucuzdurlar ve daha da önemlisi sandviç elemanların üretimini daha da kolaylaştırırlar. Sandviç panellerde, yüzeyler köpük öze bir yapıştırıcı yardımı ile yapıştırılırlar. Köpük yüzü kolaylıkla yapışabildiği gibi, yüzeyin hazırlaması ve biçim verilmesi kolaydır. Köpük üretimi sırasında erimeyi önlemek için yüzey malzemelerinin erime noktasının oldukça yüksek olması gerekmektedir. Bu öz malzemesi, yapıştırıcı bağlarla da kolaylıkla çalışır.

Köpüklü özler, yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlarlar ve bazı köpüklerin kapalı gözenekli yapısı kendilerine su geçirmezlik özelliğini kazandırır. Havacılık endüstrisi dışındaki tüm uygulamalarda, geliştirilmiş termoset ve termoplastik köpükler, sık kullanılan öz malzemeleridir. Herhangi bir polimer köpükleştirilebileceği gibi, sandviç strüktürlerde en geniş kullanım alanına sahip olanlar, poliüretan (PUR), polistren (PS), polivinilklorid (PVC) ve polimetakrilimid (PMI)'dir. Yoğun olarak kullanılan köpük özler aşağıdaki gibi sıralandırılabilir; ([www.eng.uab.edu](http://www.eng.uab.edu))

#### **Poliüretan Köpük (PUR)**

Poliüretan köpük, poliöl ve izosyanat olarak tanımlanan iki bileşenin reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Poliüretan köpük, püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım malzemesidir. Poliüretan köpüklerin, yoğunlukları 30 ile 500 kg/m<sup>3</sup> arasında değişen boşluklu gözenekli yumuşak köpüklülerden, sert yapılı kapalı gözeneklilere kadar pek çok çeşitleri vardır. Poliüretan, bilinen ısı yalıtım malzemeleri arasında en iyi yalıtım özelliğine sahip malzemedir. Poliüretan, diğer pek çok yalıtım malzemeleri gibi dağılmaz, bünyesine su almaz, bakteri ve haşere barındırmaz ve çürümez. (Assan, 2003)

#### **Polistren Köpük (PS)**

Polistren köpük üretim şekline göre, ekstrüde polistren köpük (XPS) ve ekspande polistren köpük (EPS) olarak ikiye ayrılır. Ekstrüde polistren köpük, polistren ham maddesinin ekstrüzyonla çekilmesiyle üretilir. Üretim tekniğinden dolayı, kapalı gözeneklidir ve bünyesine su almaz.

Ekspande polistren köpük ise, polistren ham maddesinin genişletilmesiyle üretilir. Ucuz olan polistren köpük, iyi derecede mekanik ve ısı yalıtım özelliklerine sahiptir. (Onuk, 2002)

Kapalı gözeneklere sahip olan polistirenin yoğunluğu, 15-300 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Polistren köpüğün dezavantajı, çözücülere, özellikle strene karşı hassasiyetidir. Bundan dolayı, epoksi ve poliüretan dışındaki ester bazlı matrisler yapıştırıcı olarak kullanılamazlar.

### **Polivinilklorür Köpük (PVC)**

PVC köpük, çok kullanılan bir öz malzemesidir. Rutubet/su yutumu direnci yüksektir. PVC, termoplastik olan doğrusal PVC köpük ve tek çapraz bağlı izosyanat olmak üzere ikiye ayrılır.

Doğrusal PVC, yüksek mekaniksel özelliklere sahip olsa da yüksek sıcaklık karşısında yumuşamaktadır. Çapraz bağlı PVC ise daha sağlam ve daha yüksek katılığa sahiptir. Bunun yanında, sıcağa karşı daha az duyarlı ve daha fazla kırılımandır. Çapraz bağlı PVC'nin, gerilme sırasında 10% uzaması poliüretan köpüğünkinden çok daha fazladır. PVC köpüklerin yoğunlukları 30- 400 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. (www. eng.uab.edu)

### **Polimetakrilimid Köpük (PMI)**

Akrilimid gözenekli köpükler, ekspande (genişletilmiş) imidin polisirat olarak değiştirilmesiyle elde edilir. Bulunan tüm gözenekli köpükler içinde mekaniksel özellikleri en iyi olanıdır. PMI, oldukça kolay kırılır En büyük avantajı, 180 derece sıcaklıkta, otoklav üretiminde epoksi prepregleri ile olan birleşimidir. Kapalı gözenek yapısı oldukça hassastır ve yoğunluğu, 30-300 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Isı iletkenliği sıcaklıkla değişmektedir. (www. eng.uab.edu)

Katı özler ise, delikli yonga levha, balsa, köpükleştirilmiş cam, ekspanse mantar, hafif ağırlıklı beton, kil vb. oluşabilmektedir.

#### **3.3.2.4 Mineral Yün Özler**

Yüksek yangın güvenliği istenilen yapılarda veya yanıcı, parlayıcı maddelerin bulunduğu yerlerde mineral yün izolasyonlu paneller tercih edilmektedir. Metal dış kabuk ve bu kabukta kullanılan taşıyıcı ve cam yünü izolasyon sayesinde yangına dayanıklı kompozit bir sistem elde edilmiştir. (www.tekiz.com)

### **Cam Yünü**

Cam yünü, ergimiş camın çeşitli metotlarla lif haline getirilmiş şeklidir. Hammaddesinin esasını silis kumu oluşturur. Camın kendisi kırılğan bir madde olduğu halde ince lifli türleri esnek ve bükülğendir. Bakalitli (sarı) ve bakalitsiz (beyaz) türleri bulunmaktadır. Yapı sektöründe genelde, sarı renkte olan bakalitsiz türü kullanılmaktadır. Cam yününde lifleri birbirine yapıştırmak için fenol-formaldehit bakaliti kullanılır. Lif çapları 3-5 mikron arasında değişmektedir.

Cam yünü'nün, basınç, çekme gibi mekanik özellikleri yoğunluğuna göre değişmektedir. Lifleri arasında % 99 oranında boşluk bulunan cam yününe dolaylı veya dolaysız yoldan su gelmesi malzemenin yalıtım özelliğini olumsuz etkiler. Cam yünü'nün sıcaklığa dayanımı ise bakalitli veya bakalitsiz oluşuna göre değişmektedir. Malzeme, 550 derece üzerindeki sıcaklıklarda ergiyerek yalıtım fonksiyonunu kaybeder. (ODE, 2001)

### **Taş Yünü**

Bazalt, kireçtaşı, dolomit gibi minerallerden elde edilen lifli bir yalıtım malzemesi olan taş yünü, yalıtım amacıyla 1927 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Koyu gri renkte olan taş yünü'nün yoğunluğu 20-200 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Cam yününde, lifler yatay olarak yer alırken, taş yününde her doğrultuda yer alır. Bu yüzden taş yünü'nün basınç mukavemeti cam yününden daha fazladır. Sıcaklığa dayanımı cam yününden daha fazla olan taş yünü'nün dayanımı 1000 dereceye kadar ulaşabilir. Cam yünü gibi, liflerinin arasında % 99 hava boşluğu bulunan taş yünü'nün suyla kolay temas etmemesi için önlem almak gerekmektedir. (ODE, 2001)

### **3.4 Sandviç Kompozitlerde Kullanılan Yapıştırıcılar ve Özellikleri**

Sandviç kompozitlerdeki özel amaçlı yapıştırmalar için çeşitli yapıştırıcılar mevcuttur. Yapıştırıcı, malzeme bileşenleri arasında iyi bir bağ oluşturma amacıyla, strüktürün mekaniksel amaçlarına cevap verebilmelidir.

Üstün mekaniksel özelliklere ulaşmada, ince ve kuvvetli yüzey tabakaları, parçalar arasında iyi bir yük taşınımı yapmak için kalın ve yüzeylere göre nispeten daha kuvvetsiz olan özle iyice birleşmelidirler. Bu yüzden, farklı uygulamalarda kullanılacak olan yapıştırıcılar dikkatlice seçilmelidir.

Sandviç sistem birleşiminde yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılar, yüksek mukavemet, yüksek sıcaklık dayanımı, iyi kayma dayanımı ve iyi çözücü dayanımından dolayı

çoğunlukla termosettirler. Strüktürel bir yapıştırıcı, sandviç strüktür elemanları arasındaki bağın kalıcı olmasını sağlayarak, birbirlerine yapışan elemanlar arasında yük taşınmasına yardımcı olan malzemedir. Strüktürel yapıştırıcılar, tek parçalı veya iki parçalı sistemler olarak ikiye ayrılabilirler. Tek parçalı sistemlere örnek olarak epoksi, epoksi naylon, poliüretan ve fenolik gösterilebilir. İki parçalı sistemler için ise, epoksi, değiştirilmiş akrilik, poliüretan, silikon ve fenolik gösterilebilir. Strüktürel yapıştırıcıların işlenmesi genelde yüksek sıcaklık ve basınç altında, kütleme işlemini hızlandırarak daha iyi bağ oluşumu sağlamak amacıyla yapılmaktadır. ([www.eng.uab.edu](http://www.eng.uab.edu))

Kullanılan değişik yapıştırıcılar aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

### 3.4.1 Epoksi Reçineler

Epoksi reçinelerin büyük bir kısmı, günümüzde bulunan üstün performans gösteren reçineleri temsil ederler. Epoksiler genellikle, mekaniksel özellikler ve çevresel şartlara dayanımda diğer reçinelerden farklı hareket ederler. Katmanlaştırıcı bir reçine olarak, artan yapıştırıcı özellikleri ve suya karşı dayanımları, bu reçineleri gemi yapımı gibi uygulamalara uygun hale getirmektedir.

“Epoksi” terimi, bir oksijen atomunun iki karbon atomuna bağlanması ile oluşan kimyasal bir gurubu ifade eder. En basit epoksi, alfa epoksi olarak da bilinen üç elemanlı epoksidir.

Genellikle, kehribar veya kahverengi renkleriyle tanınan epoksi reçineler, pek çok üstün özelliğe sahiptirler. Epoksi reçineler, 5<sup>0</sup> C'den 150<sup>0</sup> C'ye kadar olan sıcaklıkta kolayca ve çabuk bir biçimde kürlenirler. Epoksilerin en avantajlı özelliklerinden birisi, iç gerilmeleri en aza indiren düşük çekme paylarıdır. Aynı zamanda, yüksek yapıştırma kuvveti ve yüksek mekaniksel özellikler, yüksek elektriksel yalıtım ve yüksek kimyasal dayanımla arttırılmışlardır. ([www.netcomposites.com](http://www.netcomposites.com))

### 3.4.2 Fenolikler

Fenolik yapıştırıcılar, yüksek mukavemet ve yüksek sıcaklığa dayanım gibi mekaniksel özelliklere ve sağlamlığa sahiptirler. En büyük dezavantajı, kütleme sırasında su çıkarmalarıdır. Yapışkanlıkları yeterli derecede yüksektir. Bu özellikler, yüksek bağ sıcaklığının istenildiği bal peteklerinin yapılmasında fenoliklerin kullanımını sınırlandırmaktadır. Dışarı gaz çıkarmaları, havalandırmanın mümkün olduğu uygulamaların dışında, fenolikleri, sandviç konstrüksyonların yapıştırılmasında kullanıma uygun olmayan duruma getirmektedir.

### 3.4.3 Poliüretanlar

Poliüretan yapıştırıcılar, sandviç elemanların yapıştırılmasında, belki de en fazla kullanılan yapıştırıcılardır. Bunun nedeni, pek çok malzemeye mükemmel yapışma sağlamalarıdır. Pasta ve sıvı olarak çok değişik yapışkanlık biçimlerinde kullanılırlar. Kür zamanları uzun veya kısa olabilir ve yangın geciktirici ve suya dayanıklı olabilirler. Poliüretan yapıştırıcıların içinde çözüldürücüler bulunmaz ve bu yapıştırıcılar, tüm reçineler içinde en az toksin barındırarak çevreye en fazla dost olanlarıdır. (www.eng.uab.edu)

### 3.4.4 Değiştirilmiş Epoksiler

Katılaştırılmış epoksiler, bilindik epoksilere benzerler fakat sentetik kauçukla karıştırılmışlardır. Ayrıca, akış kontrolünü geliştirmek için içine naylon katılmaktadır.

### 3.4.5 Polyester ve Vinilester Reçineleri

Polyester ve vinilesterler, havacılık endüstrisinin dışında, donatılı plastik kompozitlerde en fazla kullanılan matris malzemeleridir. Prefabriğe lamineler köpük veya balsa özlere tabakada kullanılan reçineyi kullanarak yapışırlar. İlk tabaka özün üstüne ıslak yatırılır ve öze direkt olarak yapışır. Bu işlemde önemli olan, tüm gözenek yüzeylerinin doldurulmasıdır. Aksi takdirde kuru ve yapışmayan bölgeler oluşacaktır. Bu yapıştırıcılardaki problem, yapıştırıcı kuruduktan sonra hacminde oluşan azalmanın, iç yüzeyler arasında oluşturduğu gerilmedir. Polyesterin saf halde korozif elementlere ve suya mukavemeti çok iyi değildir. Vinilesterler ise su ve koroziflere karşı yüksek dirence sahiptirler. (www.eng.uab.edu)

### 3.4.6 Üretan Akrilikler

Üretan akrilik, polyester ve vinilesterler ile uygun olan bir reçinedir. Üretan akrilikler çok serttirler ve kütleme sırasında çekmezler. Cam katkılı plastik sandviç strüktürlerin köpük özündeki yüzeyle öz arasındaki bağı arttırmanın bir yolu da öze yakın olan ilk donatılı katman için üretan akrilik reçine kullanmaktır. (www.eng.uab.edu)

## 3.5 Sandviç Kompozit Üretimi

Günümüzde, taşımacılıktan mimariye kadar pek çok alanda kullanılan kompozit malzemelerin değişik üretim yöntemleri bulunmaktadır. Aşağıda kısaca bu üretim yöntemlerine yer verilmiştir.

### 3.5.1 Otoklav Yöntemi

Otoklav yönteminde, büyük parçalardan oluşan üstün nitelikli kompozitler elde edilir. Otoklav, değişik düzeyde basınçlar elde edebilen, silindir şeklindeki basınç kalıbıdır. Otoklavlamada, lif hacmi ile bileşenlerin ağırlık ve kalınlığı kontrol edilebilir.

Otoklavlama aşamaları aşağıdaki gibidir;

- vakum uygulanarak sıcaklık artırılır,
- reçine bir süre sonra akışkanlaşır,
- sıcaklık artmaya devam ederken otoklava basınç uygulanır,
- birkaç saat içinde jelleşme başlar,
- kürün sonuna kadar sıcaklık sabit tutularak yaklaşık 2-3 saat beklenir,
- ısı verme işlemi durdurularak kalıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılır. (Yıldırım, 1998)

### 3.5.2 Vakumlama Yöntemi

Otoklav giderlerinin pahalı olması sonucu, ucuz ve yararlı bir yöntem olan vakumlama yöntemine baş vurulmuştur. Vakumlamada, polyester, epoksi ve vinil ester reçineleri kumaş ile takviye edilir. Malzeme bileşenleri, elektrikle ısıtılan kalıbın içine yerleştirilir ve vakumlanarak şekil verilir. Elektrikli ısıtma bölümünde ısıtıcı olarak karbon lifi kumaşı kullanılır.

Bakır şeritlerin arasındaki iletken katmanlar sandviç şeklinde üst üste konularak giriş çıkış yolları oluşturulur. Plakaların arasına cam kumaş konularak, yüksek sıcaklık uygulanır ve böylece kütleme işlemi tamamlanır.

### 3.5.3 Islak Yatırma Yöntemi

Islak yatırma, sandviç kompozit üretiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem özellikle, kısa sürede üretilen geniş strüktürler için çok uygundur. Islak yatırma, elle yatırma veya spreyleme olarak da uygulanabilir. Tabakalaşma başlamadan önce, bir reçine tabakası, kalıbın içine konulur. Bu yapıştırıcı tabaka, üstün çevresel dayanıma sahiptir ve kompozit yüzeyde belli olabilecek kuvvetlendirici strüktürü gizleyecek güzellikte bir yüzey yaratmaktadır.

Islak yatırma metotları;

- küçük sermaye yatırımları gerektirirler,
- az veya hiç basınç uygulanmamış oda sıcaklığında çapraz bağlı reçineler kullanırlar,

- basit aletler kullanırlar,
- kısa ve tek tipli üretimler için uygun maliyete sahiptirler,
- başta çok geniş boyutlular olmak üzere her ölçüdeki strüktürler için uygundur,
- reçinenin aktif kimyasına bağlı olarak, sağlık çalışmalarına sebep olurlar.

Islak yatırma metotları;

- motor ve yelkenli gemileri,
- yüksek hıza sahip yolcu gemileri,
- soğutulmuş kamyonlar ve demiryolu araçları,
- depolama tanklarında uygulanırlar. ([www.eng.uab.edu/compositesLab/](http://www.eng.uab.edu/compositesLab/))

#### 3.5.4 Püskürtme Yöntemi

Püskürtme yöntemi elle yatırma yönteminin aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi, tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırıcı tarafından yapılarak, uzunluğu 2-50 mm arasında değişen lifler elde edilmektedir. Püskürtme sonunda, yivli silindirlerle kalıp yüzeyinden tekrar geçilerek oluşan boşluklar kapatılır ve ürün hazırlanmış olur. Püskürtme yöntemi, çok boşluk bırakan bir yöntem olduğu için, orta düzey mekanik özellikler gerektiren elemanlar için ekonomik bir çözümdür. ([www.designophy.wiliw.com](http://www.designophy.wiliw.com))

#### 3.5.5 Yapıştırıcıyla Birleşme Yöntemi

Bu yöntem en basit üretim yöntemidir. Yapışkan yüzeyler, öz ve dış yüzeyler arasına ilave edilerek ısı ve basınç düşürülür. Uygulama biçimine göre, kullanılan yapıştırıcı sıvı halinde olabilir veya film içinde kullanılabilir. Bunlar genelde epoksi veya poliüretandır. Her ne kadar termoset yapıştırıcıların kullanımı yaygın olsa da termoplastikler de geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Yapıştırıcı ile birleştirme küçük veya orta ölçekli yatırım gerektirmektedir. (Yıldırım, 1998)

#### 3.5.6 Sıvı Kalıplama Yöntemi

Sandviç parçaların üretiminde birkaç sıvı kalıplama işlemi uygulanmaktadır. Fakat hepsinde de, kalıbın içine öncelikle donatı yerleştirilerek daha sonra sıvı reçine dökülmektedir. Uygulanan sıvı kalıplama işlemleri aşağıdaki gibidir:

- Reçine taşıyarak kalıplama (RTM)

- Strüktürel reaksiyon enjekte edilerek kalıplama
- Vakumlama ve enjeksiyonla kalıplama

Sıvı kalıplama geçen yıllarda biçimleri oldukça karışık olan strüktürleri düşük maliyette üretebilmelerinden dolayı ilgi çekmeye başlamışlardır. Özellikle, reçine taşıyarak kalıplama araç parçalarını kısa zaman aralıklarında üretebildiği için otomobil üretiminde oldukça yaygın kullanılmaya başlanmıştır. (Yıldırım,1998)

### 3.5.7 Elle Yatırma Yöntemi

Elle yatırma yöntemi, küçük el aletleri ile uygulanabilir. Bu işlem için, düz ve oluklu silindirler, yuvarlak cam çubuklar gibi aletler kullanılabilir.

Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenir ve jelkotun sertleşmesi beklenir. Elle yatırma işleminde, metal veya cam altlıkların üzerine dokuma veya kırılmış elyaflarla hazırlanmış kumaş elle yatırılarak üzerine sıvı reçine sürülür. Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin nüfuz etmesi önemlidir. İşlem, aynı şekilde istenilen kalınlık elde edilene kadar devam eder.

Elle yatırma yönteminde, yoğun olarak kullanılan polyester ve epoksinin yanı sıra vinilester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. ([www.designophy.wiliw.com](http://www.designophy.wiliw.com))

### 3.5.8 Kesintisiz Tabakalandırma Yöntemi

Ekonomik perspektiften ele alınırsa, kesintisiz tabakalandırma metodu tercih edilen bir metottur. Kesintisiz sandviç panel üretiminin uygun bir yolu, çift kuşaklı bir baskı kullanmaktır. Malzemeyi, emprenye ve tabakalı kompozitler için yararlı bir alet olan özel bir baskı profili kullanılarak ısıtmak ve soğutmak mümkündür. Sandviç panel üretiminde çift kuşak kullanırken, yüzey levhaları çok uzun boylarda sarılmaktadırlar. Öncesinde sarılmamış olan yüzey levhalarının iki rulosu baskının kemerleri arasına aktılırlar. Daha sonra yapıştırıcı yüzeylerle beraber öz, yüzey levhaları arasına sokulur. Yapıştırılmış olan yüzeyler ve öz, ısı ve basınç uygulamasına maruz bırakılırlar. (Yıldırım, 1998)

### 3.5.9 Lif Sarma Yöntemi

Lif sarma yöntemi özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygun olan bir yöntemdir. Lif sarma yönteminde lifler reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sandviç elemanların lif sarma yönteminde öncelikle iç yüzey sarılır ve sarma işlemi, esnek bir özün iç yüzeye uygulanmasıyla sona erer. Sarma işlemi daha sonra

dış yüzeye uygulanır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılması ile elde edilen ürünler farklı mekanik özelliklere sahip olurlar.

Lif sarma yöntemi polar sarma ve çevresel sarma olarak ikiye ayrılır. Polar sistemde, lifler bir uçtan diğerine sarılarak uçları birleştirilir. Çevresel sarmada ise, çekme gerilmesi uygulanarak reçine banyosu yaptırılmış lifler yatay ekseninde döndürülerek sarılırlar.

Lif sarma yöntemi ile yapılan ürünler genellikle silindirik borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri ve dairesel basınç tanklarıdır. ([www.eng.uab.edu/compositesLab/](http://www.eng.uab.edu/compositesLab/))



## **BÖLÜM 4. YAPI DIŞ KABUĞUNDA KULLANILAN METAL YÜZEYLİ SANDVIÇ KOMPOZİT PANELLER**

Günümüzde, yapı dış kabuğunda genel olarak kullanılan sandviç kompozit türleri, yapının ana taşıyıcı strüktürüne tespit edilerek uygulanan sandviç panellerdir. Taşıyıcılık değeri yüksek olan yalıtımlı sandviç paneller, hem cephe hem de çatı uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Bu bölümde, bir ızgara sisteme tespit edilerek uygulanan yalıtımlı, metal yüzeyli sandviç paneller incelenecektir.

### **4.1 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panelin Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Yerleri**

Gelişen teknoloji beraberinde insanlara, gelişmiş yapı malzemeleri tercih etme şansı vermiştir. Bu tercih, yüksek mukavemet kadar düşük ağırlığın da istendiği yapılarda daha da belirginleşmiştir. Bunun sonucunda, düşük ağırlıklarına rağmen yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olan sandviç paneller yapı alanında kullanılmaya başlanılmışlardır.

Yapılarda, yüksek dayanımlı ince yüzeylerin kendilerine göre daha düşük ağırlıklı ve daha kalın özlerle birleştirilmesi ile oluşturulan sandviç paneller, soğuk depo ve dondurucuların ısı yalıtım ihtiyaçlarını karşılamak amacı ile İkinci Dünya Savaşı sonlarında ortaya çıkmıştır. Son 50 yılda, yapı dış kabuğunda sandviç panel kullanımı, ekonomik olmaları ve tasarımcıların taleplerine her anlamda cevap verebilmelerinden dolayı oldukça artmıştır. Günümüzde bu paneller endüstriyel yapılar ve büyük fonksiyonel yapılarda sıkça kullanılmaktadırlar.

Teknolojik gelişmelerin avantajlarından faydalanan modern yapım yöntemleri, enerji krizi sonrası artan enerji fiyatlarının sandviç panelin sahip olduğu ısısal yalıtım özelliklerine ihtiyaç duyulmasına yol açması, sandviç panel özelliklerinin gün geçtikçe daha iyi biliniyor duruma gelmesi ve ürün kalitesinin artırılması, sandviç panel kullanımındaki artışın başlıca nedenleridir.

Günümüzde, enerji tüketiminin sadece ekonomik olarak değil de, çevre kirliliği açısından da son derece önem kazanmasından dolayı hem kaplama hem de yalıtım özelliklerini bünyelerinde barındıran sandviç panellerin kullanım alanları her geçen gün genişlemektedir. Soğutma ve havalandırma sektöründe kullanılan basit duvarlardan, her çeşit çatı ve duvar kaplamasına kadar sandviç paneller kullanıcıya çok yönlü seçenekler sunmaktadırlar. Uygulama esnasında sandviç panellerin kullanıldığı yapı türleri aşağıdaki gibidir:

- Havaalanları
- Sanayi yapıları, fabrika binaları
- Spor tesisleri
- Garajlar
- Soğuk hava depoları
- Hangarlar
- Silolar
- Sergi Salonları
- Oteller
- vb. ....

#### **4.2. Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Metal Yüzeyle Sandviç Panel Türleri**

Yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç paneller sahip oldukları öz malzemelerine göre sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırmaya göre sandviç paneller, poliüretan dolgulu, polistren dolgulu ve mineral yün dolgulu olmak üzere üçe ayrılırlar.

Bazen, sandviç paneli oluşturan parçaların sahip oldukları özellikler sandviç panelde baskın özellik olarak ortaya çıkar. Örneğin, poliüretan dolgulu sandviç panellerde öz malzemesinin sahip olduğu düşük ısı geçirgenliği yanında, sandviç panelde kullanılan ince metal yüzeylerin yüksek ısı geçirgenlikleri ve öz malzemelerine dışarıdan bir ısı köprüsü oluşturmaları önemsenmemektedir. Böyle bir durumda poliüretan köpük daha baskın bir haldedir ve öz malzemesi olarak tüm sandviç panelin ısı geçirgenliğini kontrol etmektedir.

Buna rağmen mekanik mukavemet ele alındığında durum biraz daha farklı olmaktadır. Metal yüzeylerin mekanik özellikleri ile poliüretan köpüğün yalıtım özelliğinin birleşimi, yük taşıma kuvveti açısından yeni özellikler yaratmaktadır. Kimyasal ve biyolojik mukavemetler ele alındığında metal yüzeyler büyük önem kazanırlar. Metal yüzeylerin sızdırmazlık özelliklerinden dolayı öz malzemeleri, su buharı, nem, güneş ışınları ve çeşitli iklimsel özelliklere maruz kalmazlar.

##### **4.2.1 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panel Öz Parçaları**

Günümüzde, yapı kabuğunda yaygın olarak kullanılan sandviç panel türleri kullanılan öz malzemesine göre üçe ayrılabilir. Bu panel türleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

#### 4.2.1.1 Poliüretan Dolgulu Sandviç Paneller

Poliüretan dolgulu paneller, form verilmiş iki yüzey arasına poliöl ve izosyanat adlı iki bileşenin enjekte edilip kimyasal reaksiyona girmeleri sonucu oluşan poliüretan sert köpük dolgulu, kompozit çatı ve cephe kaplamalarıdır. Poliüretan dolgulu panellerde kullanılan alt ve üst yüzeyler ürünün kullanılacağı yere göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzey türleri, alüminyum, galvanizli sac, kraft kağıdı veya PVC membran olabilir. (Tekiz, 2003)

#### 4.2.1.2 Polistren Dolgulu Sandviç Paneller

Polistren dolgulu sandviç paneller , iki kat alüminyum veya sac levha arasına ekspande polistren dolgunun çeşitli kalınlık ve yoğunlukta uygulanmasıyla elde edilen kompozit çatı ve cephe kaplamalarıdır. Ekspande polistren sert köpük (EPS), petrolden elde edilen, köpük halindeki, termoplastik, kapalı gözenekli, genel olarak beyaz renkli bir ısı yalıtım malzemesidir.

Polistren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen ekspande polistren ürünlerde taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için kullanılan şişirici gaz pentan gazıdır. Küçük gözeneklerin oluşumundan sonra pentan gazı hava ile yer değiştirir. Böylece kapalı gözenekli hücreler içinde hava hapsolür. Malzemenin %98'i hareketsiz ve kuru havadır. Bunun sonucunda EPS dolgulu paneller ısı yalıtım özelliğine sahip olmuş olur.

İstenilen yoğunluklarda üretilebilen ekspande polistren köpük yalıtım amacıyla genellikle 15-30 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda kullanılırlar.

EPS dolgulu sandviç paneller, ozon tabakasına zarar vermeyen, enerji yoğun üretim gerektirmeyen, büyük oranda geri dönüşümlü olan çevre dostu panellerdir. (PÜD, 2004)

#### 4.2.1.3 Mineral Yün Dolgulu Sandviç Paneller

Mineral yün dolgulu sandviç paneller, iki metal yüzeyin arasına mineral yün dolgunun yerleştirilmesi ile meydana gelirler. Mineral yün dolgulu panellerde, A yanmazlık sınıfı cam yünü veya taş yünü sayesinde yangına dayanıklı kompozit bir sistem elde edilmiştir. Mineral yün dolgulu paneller yangın güvenliğinin yanında yüksek ses ve ısı izolasyonu da sağlarlar. Ayrıca bünyelerinde çevreye zararlı madde içermemektedirler.

Mineral yün dolgu, tam otomatik üretim tesislerinde dilimlenerek lifleri panel yüzeyine paralel hale getirilerek, panelin basınca karşı direnci arttırılmış olur. İki metal yüzeyin içini dolduracak şekilde dilimlenen lifler, panelin içine birbirine göre şaşırtılmış eklerle otomatik olarak yerleştirilmektedir. (www.tekiz.com)

## 4.2.2 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panel Dış Yüzey Parçaları

Yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panellerde kullanılacak olan yüzey parçaları kullanılacak yere ve öz malzemesine göre değişiklik göstermektedirler. Bu yüzey parçaları, alüminyum, galvanizli sac, kraft kağıdı ve PVC membran olabilmektedir. Alüminyum ve galvanizli sac kaplama yüzeyler hem çatı hem de duvar kaplaması olarak kullanılırken, PVC membran ve kraft kağıdı kaplama yüzeyler ise teras çatılarda tercih edilmektedirler.

Sandviç panelin dış kaplamasını oluşturan yüzeyler parçalarının ana özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- yüksek gerilme ve sıkıştırıcı kuvvet dayanımı,
- darbe dayanımı,
- çevre etkilerine dayanım,
- yıpranmalara karşı dayanım.

### 4.2.2.1 Alüminyum

Metalik beyaz renkte, hafif bir metal olan alüminyum, yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü elementtir. Buna rağmen, endüstriyel çapta üretimi 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlanması ile gerçekleşmiştir. (Artel, 1969)

Doğada bileşikler halinde bulunan alüminyumu ilk olarak elde eden kişi, 1807 yılında Humprey Davy olmuştur. Daha sonraları, alüminyum elde edilmesinde yenilikler getirilmiştir. 1886 yılı, alüminyum endüstrisinin başlangıç yılı olarak kabul edilir. 1892 yılında boksitten alümina elde edilmesi ile alüminyumun endüstriyel çapta üretimi çok kolaylaşmıştır. Günümüzde alüminyum , demir çelikten sonra en çok kullanılan ikinci metaldir. İki aşamada gerçekleşen alüminyum üretiminde ilk olarak boksit cevherinden alümina elde edilir. İkinci aşamada ise, elektroliz ile alüminadan alüminyum elde edilir. Bakırdan sonra en iyi ısı ve elektrik ileten metal alüminyumdur. Hafif oluşu da aranılan başlıca metallere biri olmasında rol oynar. ([www.angelfire.com/aluminium](http://www.angelfire.com/aluminium))

### 4.2.2.2 Galvanizli Sac

Galvanizli sac, korozyona karşı olan direnci arttırılmak amacı ile özel işlemde geçirilmiş olan sacdır. Yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panellerde yüzey parçası olarak kullanılan galvanizli sacların kalınlıkları, araya enjekte edilen öz parçası sistemi sağlamlaştırdığı için serbest kullanılanlara oranla daha ince olabilmektedirler. (Kalafat, 1984)

Galvanizli sac üretiminde öncelikle, bobin ya da levha halindeki sac, alkali ve asit banyolarından ayrı ayrı geçirilerek yüzeyi temizlenir ve üfleme hava ile kurutulur. Daha sonra özel çözelti tankından geçirilerek yüzeydeki empüriteleri (oksit bileşimleri, vb...) temizlenir ve bir sonraki işlem için galvanizlenme kabiliyeti artırılmış olan sac, yaklaşık 450<sup>0</sup> C sıcaklıktaki çinko eriyiğinden geçirilerek su ile soğutulur. Nakliye ve stoklama sırasında galvanik korozyonun önüne geçmek amacıyla kromat banyosundan geçirilip kurutulur. (Şenal, 2004)

#### **4.3 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Metal Yüzeyle Sandviç Panellerin Dış Yüzeyle Parçalarının Korozyon Korunumu**

Sandviç panel üretiminde, yüzey parçalarının korozyon korunumuna da dikkat edilmelidir. Bir sandviç panel sistemi içerdiği tüm birleştirme ve tespit detayları ile doğru korozyon korunum kriterine uygun olarak planlanmalıdır.

Sandviç panellerde uygulanacak olan dış yüzey parçalarının korozyon korunumu, kullanılacak olan malzemelerin özelliklerinin iyi bilinmesine ve uygulama tekniklerine bağlıdır.

Koruyucu sistemleri en az bir adet alt tabaka ve en az bir adet kaplayıcı yüzeyden oluşurlar. Alt tabakanın görevi, metalik taşıyıcı için olabilecek en iyi yapışmayı sağlamak, taşıyıcıyı korozyondan korumak ve bir sonraki yüzeye iyice yapışmasını sağlamaktır. Kaplayıcı yüzeylerin, altlarındaki ana yüzeyden ötürü, yoğun nem ve mekanik yük gibi atmosferik şartlar karşısında yüksek dayanıma sahip olmalarının yanı sıra, gözeneksiz, nem geçirimsiz, mekanik hasarlara dayanıklı, biyolojik ve kimyasal dayanımlı olmaları gerekmektedir

Korozyon korunumu aşağıda belirtilen üç şekilde yapılmaktadır.

- Metalik kaplamalı korozyon korunum sistemleri
- Organik kaplamalı korozyon korunum sistemleri
- Alt tabakası metalik, kaplaması ise organik olan korozyon korunum sistemleri (Çift katmanlı sistemler)

Metalik kaplamalı korozyon korunum sistemleri, çelik için galvanizleme, alüminyum için ise eloksallama yöntemleri ile yapılır. Eloksallamanın amacı, yüzeyi ince bir alüminyum oksit tabakasıyla kaplayarak oldukça sert ve korozyona dayanıklı bir yüzey elde etmektir. Galvanizlemede yüzey çinko ile kaplanır. Bunun dışında yüzeyin, çinko-demir, çinko-alüminyum, alüminyum-çinko ve alüminyum-silikon alaşımları ile kaplandığı özel kaplama yöntemleri de mevcuttur. (Koschade, 2000)

Organik korunumlu korozyon korunum sistemleri, sıvı kaplama, film kaplama ve toz kaplama olmak üzere üç guruba ayrılırlar. Bu kaplamalar arasında , sıvı kaplamaların geniş bir organik malzeme ve renk seçeneği mevcutken, film kaplamalar ise mekanik ve kimyasal etkilere karşı yüksek dayanıma sahiptirler. (Koschade, 2002)

Organik korunumlu korozyon korunum sistemleri aşağıdaki malzemelerden oluşur:

**Sıvı Kaplamalar:** Polyester, poliüretan, epoksi, poliamid-değiştirilmiş polyester, poliamid-değiştirilmiş poliüretan, poliviniledenflorid (PVDF), Polivinilklorid-Plastisol (PVC- P). Sıvı kaplama özelliklerini gösterir çizelgeler, Ek 1’te gösterilmiştir.

**Film Kaplamalar:** Polivinilklorid (PVC- F), polivinilflorid ( PVF-F), Polyolefin (PE).

Alt tabakası metalik, kaplaması ise organik olan korozyon korunumlu sistemler olan çift katmanlı sistemler ise daha çok dış uygulamalarda kullanılırlar. Yüksek dereceli metalik yüzeylerin organik kaplamalarla birleşimi en yüksek korozyon korunum sınıfına sahiptir. Çift katmanlı sistemlere örnek olarak boyalı galvanizli sac gösterilebilir.

Boyalı galvanizli sac, sıcak daldırma yöntemi ile 250 gr/m<sup>2</sup> galvanizlenmiş sacın, yüzey kaplama “coil coating” tekniği ile kesintisiz üretim hattında boyanması ile elde edilir.

“Coil coating” işleminde, kesintisiz üretim hattında açılan galvaniz veya alüminyum rulo öncelikle yüzey temizleme işleminden geçirilir. Temizleme işlemi sonunda sac yüzeyi boya ile yüksek bir tutunma kabiliyeti kazanır. Temizleme işleminden sonra sac yüzeyine kromatlama işlemi uygulanarak boyamaya elverişli yüzey elde edilir. Daha sonra metalin her iki yüzeyine de astar uygulanır ve fırınlama yapılır. Son olarak, boyama kafalarında geçirilen metal üst yüzeyine kullanım amacına uygun boyama işlemi yapılarak tekrar fırınlanır. Üretim hattının son aşamasında rulo, boyalı olarak sarılır. Boyama işleminden geçirilen metaller her türlü bükme ve kesme işlemine elverişli olurlar.

“Coil coating” tekniğinin kesintisiz hat sisteminde yapılmasının ekonomik ve teknik bir takım avantajları bulunmaktadır. Teknik olarak en önemli avantaj, kesintisiz üretim hattında sac yüzeyinin her noktasında homojen boya kalınlığının elde edilmesidir. Ekonomik olarak ise büyük bir zaman kazancı olacaktır. (www.parkpanel.com)

Sandviç panellerin korozyon korunumunda aşağıdaki kriterler ele alınmalıdır;

- Sandviç paneli oluşturan parçalara hafif bir meyil verilerek durgun su uzaklaştırılmalıdır.
- Su akışı veya drenajı hiçbir şekilde engellenmemelidir.

- Aksesuarlar ve tespit parçalarının metal yüzeylerle olan temasından dolayı oluşacak korozyon oluşumuna dikkat edilmelidir. Temastan kaçınmak amacı ile, lastik conta, rondela ve dübel kullanılmalıdır.
- Alüminyum parçalar yüzey işlemleri olmadan yerleştirilmemelidir.
- Yan birleşimlerde, metal yüzeylerin birbirleri ile temasından kaçınılmalıdır.
- Kenar yüzeylerde hava dolaşımı bulunmalıdır. (Koschade, 2002)

#### **4.4 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Kompozit Kaplama Sistemlerinin Nitelikleri**

Bir binanın dış cephesinde kullanılan kaplama sistemlerinin nitelikleri genel olarak aşağıdaki gibidir:

- Isı yalıtımı
- Yük taşıma kapasitesi
- Nem korunumu
- Akustik korunum
- Tahrip olma veya yer değiştirme durumunda tamir ve inşa kolaylığı
- Yangın korunumu

Dış kabuk tasarım kriterleri ele alındığında yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panellerin gösterdiği performanslar aşağıdaki incelenecektir.

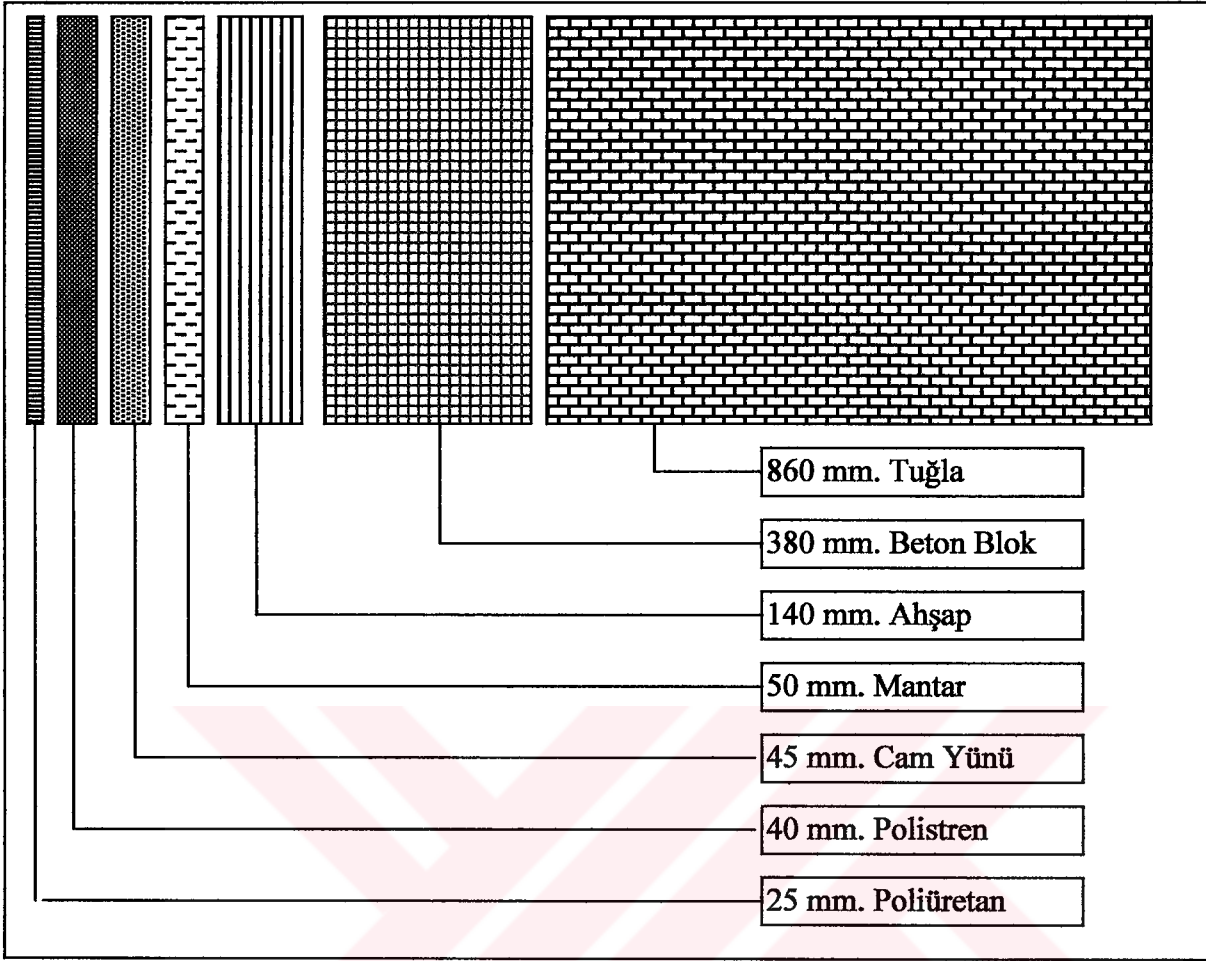
##### **4.4.1 Sandviç Kompozit Kaplama Panellerinin Isı Performansı**

Sandviç panellerin kabul edilen ısı performansı, kullanılan öz malzemesinin fiziksel özellikleri ile sandviç panel birleşimlerinin sızdırmazlık özelliklerine bağlıdır. Kullanılan malzemelere göre ısı yalıtım karşılaştırılması Şekil 4.1’de verilmiştir.

Poliüretan, tabakalaşabilme özelliğini en iyi biçimde ısı yalıtım özelliğiyle birleştiren bir malzemedir. Bu yüzden, binaların dış kaplamalarında çok geniş bir kullanım alanına sahip olmasının yanı sıra ince sandviç panellerle yüksek yalıtım değerlerine ulaşılabilir.

Çevresel şartların kontrol altında tutulmasının istendiği, ısısal taleplerin ise daha az olduğu gıda üretim fabrikaları gibi yapılarda ise ekspande polistren kompozit paneller tercih edilmektedir. Bu tipteki 20 cm’lik kalın paneller, soğuk odalarda sık sık kullanılmaktadırlar.

Büyük ölçüdeki sıcaklık, yalıtım sistemindeki ısısal iletimden çok, hava sızıntısından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden sandviç panel birleşim noktalarındaki yalıtım oldukça önemlidir. (Vinson, 1999)



Şekil 4.1 Malzemelerin ısı yalıtım kıyaslaması (İzopoli, 2000)

#### 4.4.2 Strüktürel Performans

Sandviç panellerin en önemli özelliği, kendi düşük strüktürel ağırlıklarına rağmen ağır yük taşıyabilme kapasiteleridir. Sandviç paneli oluşturan her katmanın kendisine ait yük taşıma kapasitesi vardır. Örneğin, metal kaplamalı poliüretan dolgulu bir sandviç panelin metal yüzeyleri tek başlarına kullanıldıklarında kolayca deforme olabilirken, poliüretan öz, düşük elastisite modülü sayesinde çok esnek davranabilir ve kompozit malzemenin dayanımını artırır. Metaller ile kıyaslandığında poliüretan özün çok düşük uzama sertliğine sahip olduğu görülür.

Yüzeyler ile özün kesme ve germe dayanımı birleşimleri tamamı ile farklı bir yük taşıma davranışına sahip olan yeni bir strüktürel sistem yaratır. Sandviç panel bir bütün gibi ele alındığında, kendisini oluşturan parçaların sahip olduğu değerlerin tek tek toplanmasından çok daha büyük bir eğilme ve burulma dayanımına sahip olduğu görülür. Bunun nedeni, sandviç panel etkisinin kesme yüklerinin bölünmesine bağlı olmasıdır.

Sandviç panellerde öz malzemesinin kesme özellikleri, tasarım sırasında öne çıkmaktadırlar. Öze göre kalınlıkları çok daha az olan yüzeylerin, kesme kuvvetleri düşüktür. Bu yüzden öz malzemesi kendi başına hemen hemen tüm kesme kuvvetini yüklenir. Öz malzemesinin kesme kuvvetini tamamen yüklenmesi tüm sandviç paneli etkiler ve panelin strüktürel davranışı olumlu olarak artmış olur.

Sandviç panelde, ince ve düz yüzeylerin eğilmeye karşı bir eğilimleri vardır. Yüzeylerle öz arasındaki bağın kuvvetli olması eğilmeye karşı olan bu eğilimi azaltır ve eğilme gerilimi artmış olur. Bu yüzden, bir sandviç panelin yük taşıma kapasitesinin artması öz katmanının sağlamlığının arttırılmasına bağlıdır.

Verilmiş olan bir yoğunlukta, polistren malzemeler en iyi strüktürel performansa sahiptirler. Poliüretan ve mineral yün için verilmiş olan değerler, pratikte kullanılan tipik yoğunluklar için yeterlidirler (45 ve 100-120 kg/m<sup>3</sup> civarında). Sandviç panelin basınç altında şekil değiştirmesi doğrudan, öz malzemesinin kesme sertliğine bağlıdır. (Davies,1999)

#### 4.4.3 Nem Korunumu

Yapıların nemden korunumu iki türlü sağlanabilir. Bunlar aşağıdaki gibidirler;

- Yağmur korunumu
- Su buhar akımına karşı korunum

Sandviç panellerin yağmur korunumu çok iyidir. Yapılan bir testte, yatay olarak yerleştirilen sandviç panellerin üzerine, 600 kN/m<sup>2</sup>'lik sabit bir basınçla dakikada 2 litrelik su püskürtülmüştür. Bunun sonucunda sandviç panellerin içinde su olmadığı görülmüştür.

Yapı dış kabuğunda, ısı akımının yanında bir de su buharı akımı vardır. Su buharı akımı, yapıyı iki türlü etkiler. Bunlardan biri, dış kabuğun iç yüzeyinde su haline dönüşen, "çiğlenme" adı verilen su buharıdır. Çiğlenme, yapı hasarlarına neden olabilir. Buhar akımının ikinci etkisi ise, su buharının dış kabuk yüzeyinde ilerlerken düşük bir sıcaklığa rastladığında taşınabileceği miktara düşene kadar su haline dönüşmesi , yani yoğuşmasıdır. Dış kabuk içinde oluşan yoğuşma, bazı kimyasal bozulmalara neden olabilir. (Yücesoy, 1992)

Su buharı akımı tehlikesi, sandviç panellerde önemli bir rol oynamaz. Bunun sebebi, yalıtımlı metalik yüzeylerin yapı kabuğunda kuvvetli bir buhar engelleyici olarak yer almalarıdır.

Uygun ısı yalıtımı ve yeterli havalandırmanın sağlandığı kullanımlarda yüzeylerde yoğuşma oluşmaz. Sandviç panellerin birleşim teknikleri, birleşim noktalarında sınırlı miktarda su buharı akımına izin verirler. Buna rağmen, birleşim noktalarının tasarımı ve kullanılan yalıtım

malzemelerinin başarılı bir şekilde düzenlenmesi ile sandviç özlerin su buharına doymasına izin verilmez. (Koschade, 2002)

#### 4.4.4 Akustik Korunum

Gürültüyü kontrol altına almak, kullanılan malzemenin ağırlığını arttırarak mümkün olmakta ise de; günümüzde kullanılan hafif yapım yöntemlerinde, ekonomik olmaları açısından hafif malzemeler tercih edilmektedirler. Bu iki durum arasında büyük bir çelişki bulunsa da, bu hafif konstrüksiyonların akustik korunumdan yoksun olacakları anlamına gelmemelidir.

Kalınlığı 60mm olan taş yünü dolgulu bir sandviç panelin ses yalıtımı 32 dB olmasına rağmen poliüretan dolgulu bir sandviç panelin ses yalıtımı 25 dB'dir. Bu akustik yalıtım pek çok endüstriyel ve benzeri yapılarda yeterli olabildiği halde, evlerin veya ofis binalarının gürültüye duyarlı olduğu bölgelerde yeterli olmayacaktır. Bu durumda tasarımcı uygun malzemeleri kullanarak gerekli ses kontrolünü yapmalıdır.

Sandviç panel tasarımı, dışarıdan gelen sesler kadar yapının kendi strüktüründen kaynaklanan sesler de ele alınmalıdır. Sıhhi tesisatın strüktürden ayrımı, gürültü düzeyinde bir azalma yaratır. Buradaki amaç su taşıyan boruların strüktüre birebir temas etmemesidir. Çarpma seslerine karşı da uygun yalıtım malzemeleri ile ses korunumu arttırılabilir.

Kapalı hücreli bir poliüretan özün akustik özellikleri çok iyi olmasa da, açık hücreli bir poliüretan öz mükemmel bir akustik korunuma sahiptir. Bunun nedeni, açık hücrelerden kaynaklanan yüzey genişlemesi ve hücrelerin strüktürleridir. Açık hücrelerin duvarlarında oluşan akustik dalga kırılmaları sürtünme kayıplarına yol açar ve akustik enerji ısı enerjisine dönüştür. Bu yüzden, tekstil dokusu gibi özel yüzeylere sahip olan poliüretan köpük malzemeler atış poligonları veya konser salonları gibi yapılarda ses yutucu yapı malzemeleri olarak kullanılırlar. (Koschade, 2002)

#### 4.4.5 Yangın Korunumu

Yangın güvenliği ile ilgili talepler, yaşam güvenliğini sağlama ve kayıpları önleme amaçlarının sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yangınla mücadelede hangi tip sandviç panellerin kullanılacağı, panellerin kullanılacağı binanın yangın riski derecesine ve panellerin binanın içinde mi yoksa dışında mı kullanıldığına bağlıdır.

İstatistikler, yangın yayılımlarının büyük bir kısmının, yanıcı malzemelerin kullanıldığı sandviç panellerin bulunduğu gıda üretim fabrikalarında meydana geldiğini göstermektedir.

Bu yangınların önemli bir bölümü pişirme mekanları gibi, yüksek yangın riskli mekanlarda meydana gelmektedirler.

Yanııcı öze sahip olan sandviç paneller, kendi kendilerine yangın riski yaratmadıkları halde, yangın yayılımına sebep olan büyük ölçekli bir tutuşma kaynağı teşkil ederler. Buna rağmen kimi zaman, sandviç panel kullanımında yanıcı özler, tasarım ihtiyaçlarını karşılayan diğer özellikler ele alındığında yanıcı olmayan özlere oranla daha fazla tercih edilmektedirler.

Yanııcı özlü bir sandviç panelin, yangının sıçramasını sağlamaması ve gelişimine katkıda bulunmaması özellikle önemlidir. Bu hususta, iyi malzeme seçimi ve detaylandırmaya dikkat edilmelidir. Örneğin, kullanılan polistren dolgulu sandviç panellerde polistren, özün içine havanın girmesini sağlayarak yangının özün içinde yayılmasını sağlamaktadır. Bu da yangın yayılımını kolaylaştırır. Bunun tersine, binaların dış kaplaması olarak kullanılan mineral yün dolgulu paneller, yangının yayılımına müsaade etmemektedirler. (Harwood, 1997)

Bir yangın sırasında sandviç paneller, binanın tüm bölümlerinin yangına dahil olmalarından sonra yanmaya başlayabilirler. Dış kaplamada kullanılan sandviç paneller iç kaplamada kullanılanlara oranla daha az yangın tehlikesiyle karşı karşıyadırlar.

Yüzeylerin ayrışması durumunda özler yangına karşı savunmasız kalabilirler. Tutuşma olasılığı, tutuşma kaynağının ölçülerine ve yanıcı özün çeşidine bağlıdır. Çizelge 4.1’de bazı yapı malzemelerinin yangın dayanımlarına göre DIN 4102’ye göre sınıflandırılmaları mevcuttur. Küçük bir tutuşma kaynağı karşısında sadece büzülecek olan ekspande polistren, büyük bir ısı kaynağı karşısında yanmaya başlar ve panel içinde eğer yeterli ısı depolanmışsa, tutuşma kaynağını tekrar tutuşturabilecek erimiş parçalar üretir.

Poliüretan, bir kömür tabakası üretmeden önce yanacaktır. Fenolik malzemeler yanmaya daha az meyillidirler. Birleşim dizaynı ve destekleme metodu da yangın dayanımında önemli bir etkiye sahiptirler. Tutuşma kaynağı yeterince genişse veya binada bulunan diğer şeyler daha önceden yanmaya başladıysa, bazı paneller yangına önemli bir katkıda bulunurlar. Bu yüzden, hesaplanan yangın yüküne, bir yangın esnasında sandviç panellerde bulunan yanabilecek malzeme miktarı da eklenmelidir. (Harwood, 1997)

Çizelge 4.1 Yapı malzemelerinin yangın dayanımına göre sınıflandırılmaları (PÜD, 2004)

YANGIN DAYANIM SINIFI	YANMAZ		YANAR		
	A1	A2	B1 Zor Alev Alır	B2 Normal Alev Alır	B3 Kolay Alev Alır
MALZEME					
Lifli malzemeler, Camyünü, Taşyünü	X	X	X		
Genleştirilmiş polistiren (EPS)			X	X	
Poliüretan (PUR)			X	X	
Cam köpüğü	X				
Doğal mantar				X	
Kamış				X	X
Ahşap				X	
Ekstrüde polistiren (XPS)			X		

#### 4.4.5.1 Detaylandırmanın Yangın Dayanımına Etkisi

Panellerin yangın performansı, başarılı birleşim detayları ile geliştirilebilir. Aşağıda yangın dayanımına karşı uygun detaylandırmalar ele alınmışlardır;

- Özellikle polistren özlü malzemelerde yangının, öz malzemesinin içine doğru yayılımını önlemek için paneller arasında kullanılacak olan bağlantı parçalarının yangın durdurucu nitelikte olmaları önemlidir.
- Mineral yün özlü paneller, iç yangın duvarları gibi davrandıklarında, farklı özellikteki hareketlerin alev geçişine müsaade etmemelerini sağlamak için köşe birleşim detaylandırılmalarının büyük bir özenle yapılması gerekmektedir.
- Çatı konstrüksiyonundaki alt yüzeyin özle olan bağının kaybolmaması için bitiş tespiti sağlanmalıdır.

- Duvar panellerinin bir yangın sırasında ayrılmaya başladıklarında bütünlüklerini kaybetmemeleri ve kendi ağırlıkları altında bükülmemelerini sağlamak için yüzeylerin üst tespitinin yapılması gerekmektedir. (Davies, 1999)

#### 4.4.5.2 Sandviç Panellerin Yangın Dayanımı ile İlgili Laboratuvar Testleri

Çok sayıdaki sandviç panelin yangın dayanımını laboratuvar çalışmalarında incelenmiştir. Testlerde kullanılan metal yüzeyli panellerin içinde aşağıdaki dolgu malzemeleri bulunmaktadır:

- Ekspande polistren
- Yangın geciktirici poliüretan
- Mineral yün
- Polistren dolgulu PVC kaplı paneller

Bu testlerden biri, geniş yüzeylerde uygulanan yangın testidir. Geniş yüzeylerde uygulanan yangın testleri, sandviç panellerin nasıl tutuşup yanabileceklerini göstermeleri açısından önemlidir. Testler, çatı parçası örneği oluşturmaları açısından yatay pozisyondaki, duvar parçası örneği oluşturmaları açısından ise dikey pozisyondaki panellere uygulanmışlardır. Yukarıda belirtilen dört panel tipi de kullanılmıştır. Örneklerin boyutları, 85 – 100 cm ile 275 – 1200 cm arasında değişmektedir. Bazı testlerde iki birleşik panel kullanılmıştır. Bu testlerden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Hiçbir panel veya panel dolgusu, bir mum veya lamba sıcaklığı gibi zayıf sıcaklıklarda yanmamaktadırlar fakat daha yoğun bir sıcaklıkta, polistren paneller, geometrilerine bağlı olan bir yangına sebep olmaktadır. Erimiş olan polistren sıcaklık kaynağından uzaklaşabilirse, yangın azalır yok olacaktır
- Mineral yün dolgunun yanıcı olmadığı görülmüştür
- Farklı birleşim detayları, farklı şekillerde meydana gelen ayrışmalara neden olmaktadır. Cıvatalı birleşimler, yangın sırasında oluşacak ayrışmalara karşı strüktürel sağlamlık sağlamaktadırlar
- Yanıcı özler, metal yüzeyin korumasına rağmen, ısı yayan kaynağın ısı derecesi yeterince yüksekse yanmaya başlayacaklardır. Tahrip olmuş dolgular, yanma işlemini hızlandıracaklardır Yangın, polistren panelde dikeyde, saniyede 1,5 cm yayılabilir. Buna rağmen yatay panellerdeki yayılım hızı daha azdır.

- Değişik tiplerdeki sandviç paneller değişik biçimlerde yanmaktadırlar. Mineral yün dolgulu paneller yanmaya dayanıklıdırlar ve bazı polimerik özler, yangının büyümesini sınırlamaktadırlar.
- Sandviç panel yanması sırasında, bina içi ve dışında itfaiyecilerin çalışmasını zorlaştıran büyük ölçüde koyu duman açığa çıkmaktadır. Ayrıca, soğutma yapılarının hasar görmesinden sonra, bu dumanlara ek olarak amonyak gazı da açığa çıkmaktadır.
- Sandviç panel bir yangın sırasında yanmaya başlayan ilk ürün ise yangın gelişimi yavaş olacak fakat yayılmaya devam edecektir.
- İtfaiyecilerin, sandviç panellerin alışlagelmiş yangınlar dışındaki yangın türlerinde nasıl davranacaklarını bilmeleri gerekmektedir. Özellikle, panellerin tabakalarının birbirinden aniden ayrılması sonucu, geniş ince metal levhalar büyük bir yükseklikten aşağıya düşerek yangın yayılımını hızlandıracaklardır. (Harwood, 1997)

#### 4.5 Çatı ve Cephe Kaplamalarında Kullanılan Sandviç Panellerin Üretimi

Günümüzde en önemli sandviç panel üretim yöntemi, çift kuşaklı makineler olarak da adlandırılan taşıyıcı çift kuşaklarda yapılan kesintisiz üretimdir. Taşıyıcı çift kuşak üretimi 1950'lerde başlamış ve 1960'larda tüm dünya için artan bir öneme sahip olmuştur. Bunun devamı olarak, makine ve teçhizatın yapımındaki gelişmeler, yüksek kaliteli değişik parçalar, yüzeyler ve bitiş tasarımlarına sahip teknik olarak mükemmel bir üretim yönteminin oluşmasına sebep olmuşlardır.

Taşıyıcı çift kuşak sisteminin üretim kapasitesi öncelikle çift kuşağın uzunluğuna bağlıdır. Maksimum üretilme hızı dakikada 15 metre olan çatı ve cephe panellerinin üretiminde kullanılan normal bir çift kuşağın uzunluğu 30 metredir. 40 mm kalınlığındaki sandviç panellerin normal üretim hızı dakikada yaklaşık 10-12 metredir. 80 mm kalınlığındaki panellerin üretimi için ise hız dakikada 6-8 metredir. Yılda 4000 saat çalışarak yapılan ve üretim hızı dakikada 8 metre olan iki vardiyalı üretimlerde makine genişliği 1 metre olan yaklaşık iki milyon m<sup>2</sup> sandviç panel üretebilir. 40 metre uzunluğunda baskı alanına sahip olan en geniş çift kuşaklı makineler ise dakikada 30 metre üretim hızı olmak üzere saatte 2160 m<sup>2</sup> sandviç panel üretirler. Üç vardiyalı sistemlerde bu rakam yılda 19 milyon m<sup>2</sup>'ye çıkar.

Bazı makinelerde sandviç paneller, aynı kaliteye sahip değişik panel yüzeyleri, kalınlıkları, profilleri ve birleşim biçimleri ile üretilirler. Panel kalınlıkları 20-250 mm, panel boyları ise 2.000- 24.000 mm arasında değişmektedir.

Ruloların değişimi, sprey püskürtücünün temizlenmesi, kesicinin ucunun değiştirilmesi gibi işlemler eskiden makinenin durdurulmasına sebep olurken, günümüzde çift kuşak makinelerde, üretim sırasında gerçekleştirilmektedirler. Bunun sonucunda, zaman kaybı azaltılarak verimlilik arttırılmış olur. Üretimin kesintisiz olması sadece zaman ve ekonomi açısından önemli değildir. Bu durum, uygulanan köpüğün kalitesinin çok daha homojen olmasını sağlar. Böylelikle panel kalitesi arttırılmış olur.

Aletlerin değişimi boyutlar, panel yüzeyleri ve profiller gibi ölçülerin değişimine neden olur. Eğer uygun ekipmanın kullanılması ile alet değişimi 30 dakikada yapılabilirse geniş modern makinelerle verimlilik arttırılır. (Koschade, 2002)

Kesintisiz üretim kullanılarak yapılan poliüretan dolgulu sandviç panel üretiminde, metal makaralarda 1300 mm genişliğe kadar yuvarlanan metal yüzeyler istenilen profil biçimine uygun olarak biçimlendirilerek çift kuşaklı makinenin içine verilir. Karıştırıcı başlık sıvı poliüretanı , çift kuşak sayesinde hareket eden alt yüzeyin üzerine titreşim vererek yerleştirir. Köpüklü reaksiyon karışımı, ısı verilerek alt ve üst yüzeylere yapıştırılır. Daha sonra, oluşturulan paneller istenilen boylarda kesilerek bir araya getirilirler. (Koschade, 2002)

Kesintisiz üretim kullanılarak yapılan mineral yün dolgulu sandviç panel üretiminde, mineral yün dolgu tam otomatik üretim tesisinde dilimlenerek lifleri panel yüzeyine dik hale getirilmekte, böylece panelin basınca karşı dayanımı arttırılmaktadır. Hadvelerin içini de dolduracak şekilde dilimlenen lifler, panelin içine birbirine göre şaşırtılmış eklerle otomatik olarak yerleştirilmektedirler.

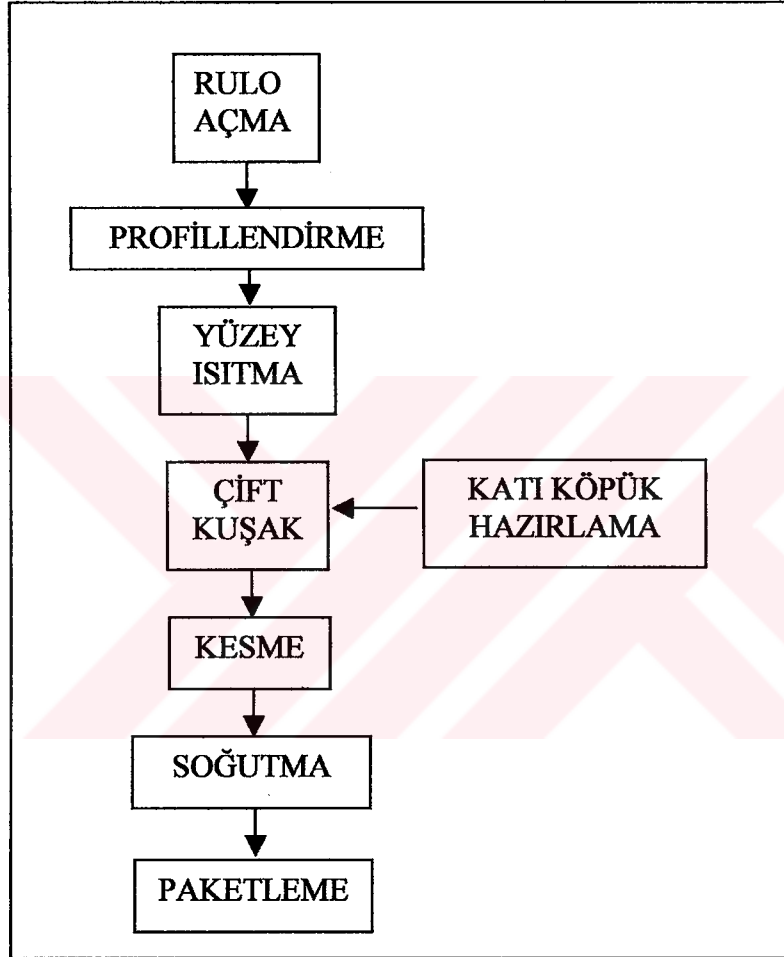
Kesintisiz üretim kullanılarak yapılan polistren dolgulu sandviç panel üretiminde ise, makinenin içinde şişirilerek bir blok haline getirilen EPS hammaddesi daha sonra otomatik olarak tellerle elektrikli olarak kesilir. Trapez formu altta kalacak şekilde yerleştirilerek yuvarlandırılan metal yüzey üzerine yapıştırıcı serilir ve blok halindeki polistren, alt ve üst yüzeyler arasına girerek yapıştırılır. Daha sonra istenilen boylarda otomatik olarak dilimlenir.

#### **4.5.1 Üretim Aşamaları**

Aşağıda, poliüretan köpük kullanılarak üretilen bir sandviç panel kesintisiz üretim hattı sürecindeki ana işlemler süreçteki iş akış sırasıyla incelenmektedir. Sandviç panel üretim aşamaları Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

#### 4.5.1.1 Rulo Açma

Üretim süreci alt ve üst metalik panel yüzeylerinin üretim hattına verilmesi ile başlar. Kaplama ruloları özel bobinlerden çözülürler. Çözülme işleminin bozulmaması her panel yüzeyi için, her an üretimde olan iki bobin ile sağlanmaktadır. İkinci bobin, bittiğinde birinci bobinin yerini alacak ve böylece hattın durmasının önüne geçilecektir. Bobinlerin film kaplı olması bobin açma işlemi sırasında yüzeylerin çizilmesini engelleyecektir.



Şekil 4.2 Sandviç panel üretim aşamaları

#### 4.5.1.2 Yüzeylerin Profilendirilmeleri

Profil makineleri metalik yüzeylerin seçilmiş profillerle biçimlendirilmelerini sağlarlar. Normal bir makinedeki teçhizatın değiştirilme süresi yaklaşık otuz dakikadır. Alt ve üst metalik yüzeyleri biçimlendirici silindirler birbirlerinin arkasında buldukları ve çatı panellerinin trapezoidal biçimlendirilmeleri ile duvar panellerinin kenar biçimlendirilmeleri için çabuk değişimli kasetlerin bulunması, üretim değişiminin hızını belirler. Bir alt çerçeveye tespit edilmiş olan bu kasetler taşınabilir ve bir vinç yardımı ile değiştirilebilirler.

#### 4.5.1.3 Yüzeylerin Isıtılması

Katı köpük sisteminin en yüksek derecedeki reaksiyonu ve yapışması için metalik yüzeyler kesin olarak belirlenmiş sabit bir sıcaklıkta bulunmalıdırlar. Bu amaçla yüzey levhaları bu sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır.

#### 4.5.1.4 Katı Köpük Teknolojisinin Bileşenleri

İki metal yüzey arasına uygulanmasından önce katı köpük sisteminin hazırlanması için çeşitli parçalara gerek duyulur. Bu parçalar aşağıdaki gibidirler;

- Bir depo bölümü
- Karıştırıcı aletler
- Titreşen karıştırıcı bir başlığa sahip olan köpükleştirici ekipman

Poliüretan ham maddeleri poliöl ve izosiyanatın depolandığı depo ile depo doldurma düzeni, üretim binasında iki farklı bölgede bulunmaktadır. Genelde kullanılan depolar 25 m<sup>3</sup> kapasitesine sahiptirler Daha büyük tanklar da mevcuttur. Aktifleştirici gibi katkı malzemeleri de 1 m<sup>3</sup>'lük taşınabilir varillerde bulundurulurlar. Seviye belirleyici aletler, bilgisayarlar ve gözetleyici aletler ham malzemenin güvenli ve kolay bulunabilir olmasını sağlarlar.

Çok parçalı tertibatlar, poliöl ve izosiyanatın belirli bir miktarda karıştırılmalarını sağlayan bir bölümden oluşurlar. Katkı maddeleri poliölün içine bir ön karıştırıcı aletle ilave edilirler. Düşük ve yüksek basınç aletleri ölçüm aletleri olarak kullanılabilirler. Yüksek basınç reaksiyonlu makineler sandviç panellerin çift kuşak sistemli kesintisiz üretimleri için bir model oluşturmuşlardır.

İzosiyanat, aktifleştirici, hızlandırıcı gibi katkı maddeleri öncelikle, ön karışım odasına pompalar yoluyla pompalanırlar. Burada, ölçümü yapılmış olan hava poliöl karışımı ile karışır. Bir pompa basıncı 40 bara çıkartarak havanın karışımla olan yoğunlaşmasını artırır. Hava ile yüklenmiş olan poliöl karışımı, yüksek basınçlı reaksiyon makinesi yardımı ile karıştırıcı başlığa pompalanır. İkinci poliüretan ham maddesi olan izosiyanat depo haznesinin içinden doğrudan doğruya silindir bir pompa yardımıyla karıştırıcı başlığa taşınır ve poliöl ile karıştırılır.

#### 4.5.1.5 Çift Kuşak

Metalik yüzeylerin ısıtılmış çift kuşağa, doğru bir şekilde yerleşimi ve taşıyıcı kuşak silindirlerinin yüksek dereceli üretim titizliği, sandviç panellerin yüzeylerinin kalitesi açısından oldukça önemlidir.

Üst ve alt kuşaklar, üç fazlı motorlarla düzenlenen iki farklı titreşimle birbirlerinden ayrı olarak sürülmektedirler. Çift kuşak işleminde daha önce hazırlanmış olan poliüretan karışımı titreşimli karıştırıcı püskürtme kafası tarafından iki yüzey arasına püskürtülerek iki dış yüzey birleştirilir.

Çift kuşaklar birbirlerine paraleldirler. Çelik silindirlerin yüzeyleri düzdür. Bu özellikler sandviç panellerin metal yüzey özelliklerini etkiler. Makinelerin çeşitli parça kalınlıkları için değişebilen kuşak aralığı ve çeşitli parça genişliği için değişebilen kuşak genişliği birkaç dakika içinde değiştirilebilir.

Yapışmayı en yüksek dereceye yükseltmek ve poliüretan sert köpüğü kuvvetlendirmek için gerekli olan çift kuşak sıcaklığı 50 derecedir. Bu sıcaklığa alt ve üst kuşaklara ısıtılmış hava sağlayarak ulaşılır.

#### **4.5.1.6 Kesme ve Soğutma**

Kesintisiz halde üretilen panelleri tek bir panel haline getirirken çift bıçaklı yuvarlak bir testere, bir bıçkı bandı veya pek çok bıçkıdan oluşmuş bir boy kesim makinesi kullanılır. Sandviç panellerin enine kesimle ayrılması için yaklaşık 10 dakikaya ihtiyaç vardır. Boysal toleranslar +/- 1mm civarındadır. Kesilmiş yüzeyler makinelerle temizlenir.

Her iki taraftan da enine kesim, kesim zamanlarını kısaltır. Bu kesim 90 derece sağa ve sola dönebilen bıçaklar sayesinde yapılır. Diyagonal bıçaklar uzunlamasına birleşim binileri olan çatı panellerinde kullanılırlar.

Enine kesimden sonra soğutma işlemi uygulanmaktadır. Soğutma üniteleri, hızlı ve düzgün soğutmanın yanı sıra sandviç panellerin düzgün olarak yerleştirilmelerini sağlarlar. (Koschade, 2002)

#### **4.5.1.7 İstifleme ve Paketleme**

En son adımda, ambalajlanmış olan sandviç paneller çift kuşak makinesinin bitiş kısmına gelirler. Burada yüzey korunurlu vakumlu emme makineleri ile istiflenirler ve gidecekleri yere gönderilmek üzere paketlenirler. (İzopoli, 2000)

### **4.6 Sandviç Panellerin Avantaj ve Dezavantajları**

Sandviç panellerin sahip oldukları avantajlar ve dezavantajlar aşağıdaki bölümlerde ele alınacaktır. .

#### **4.6.1 Yapı Dış Kabuğunda Kullanılan Sandviç Panellerin Avantajları**

Aşağıdaki bölümlerde sandviç panellerin sağladıkları avantajlar açıklanmıştır.

##### **Yaratıcılık**

Sandviç panellerin kaplama malzemesi olarak kullanıldığı binalarda yaratıcılık sınır tanımaz. Yüzey bitişleri, geniş renk seçeneği ve değişik kaplama sistemleri ile sandviç paneller, modern mimarinin ihtiyacı olan özgürlüğü sağlamaktadırlar. Sandviç panelleri meydana getiren öz ve yüzey malzemeleri, kullandıkları yapı türlerine göre değişiklik göstermektedir.

##### **Süreklilik**

Sandviç paneller, uzun süreli kullanım olanağının yanında düşük bakım maliyetine sahiptirler. Panellerdeki modern kaplamaların yüksek dereceli korozyon ve ultraviyole ışın korunumu sağlamaları sandviç panelin sürekliliğini sağlamaktadır. ([www.sandwichbau.com/sand.htm](http://www.sandwichbau.com/sand.htm))

##### **Esneklik**

Sandviç panellerle, dikkatli bir planlama ile binaların içindeki aktiviteleri fazla engellemeden büyük genişleme ve yenilemeler yapılabilir. Sandviç paneller tasarımcıya, ekonomik planlamaya olanak veren ızgara sistemini sunarlar. Çeşitli uygulamalar sonucunda en uygun sandviç panel genişliğin 1 metre olduğu saptanmıştır. Günümüzde üreticiler sandviç panelleri 20 metre uzunluğa kadar üretilmektedirler. Bu büyük boyutlar yerleştirme işinin süresinin kısalmasına ve genişleme sırasında yapılan birleşimlerin sayılarının azalmasına neden olmaktadır. Çok çeşitli standart uzunluk ve kalınlıklar, kullanılan aksesuarlar ve kalıplar sandviç panelleri esnek bir yapı ürünü haline getirmiştir. Sandviç paneller, yapı endüstrisindeki her türlü mimari ve strüktürel meydan okumayı kolaylaştırmaktadırlar. Sandviç panellerin kullanıldığı yapılarda takviyeler olmadığı için iç hacim kaybı yoktur. ([www.sandwichbau.com/sand.htm](http://www.sandwichbau.com/sand.htm))

##### **Teknik Üstünlük**

Sandviç Panellerin en büyük teknik üstünlükleri, düşük ağırlıkla yüksek yük taşıma kapasiteleridir. Sadece destekleyici olmayan sandviç paneller, aynı zamanda önemli miktarda yük taşıyabilirler. Boyutları ve yüzey profillerinin yanı sıra özlerin yoğunluk ve kalınlıkları da büyük ölçüde önem taşımaktadır. Bu özelliklerinden dolayı sandviç paneller sadece cephe kaplama parçaları olarak değil, aynı zamanda yük taşıyıcı duvarlar olarak da çalışırlar.

### **Ekonomik ve Ekolojik Özellikler**

Sandviç panel üretiminde, yüksek derecedeki endüstriyel ön üretimden dolayı, kısa süreli üretim ön plana çıkmaktadır. Aynı zamanda sandviç paneller hızlı bir şekilde yerleştirilebilirler. Sandviç panellerin kullanıldığı yapılar kendiliğinden izolasyon özelliğine sahiptirler. Panellerin kullanıldığı ısıtma ve soğutma sektöründeki yüksek yalıtım değerleri, enerji kazancına yol açmaktadır. Böylece doğal kaynakların korunumu sağlanmaktadır.

Her türlü enerji kullanımının çevresel bir etkisi bulunmaktadır. Tüm bu enerji kullanımlarının yanında ısıtma enerjisi ile ekoloji arasındaki ilişki ise oldukça kuvvetlidir. Bundan ötürü, Yüksek dereceli yalıtım malzemelerinin uygulanmaları ekonomik ve çevresel avantajlar sağlamaktadır.

Poliüretan dolgulu sandviç paneller, poliüretan köpüğün yüksek yalıtım performansı ve birleşim noktalarında ısı köprülerinin oluşmamasından ötürü ekonomi ve ekoloji açısından etkili sistemler arasındadırlar. Her ne kadar, bu panellerin üretimi sırasında bir enerji tüketilse de, tüketilen bu enerji panellerin kullanımı sırasında kazanılan enerji miktarının yanında önemsenmemektedir. Bu pozitif enerji dengesinin en önemli nedeni sandviç panellerin uzun ömürlü olmalarıdır. (Koschade, 2002)

Bir diğer çevresel etkiyi ise geri dönüşümlü olabilme durumu sağlamaktadır. Poliüretanın uzun ömürlü olmasından dolayı, kullanılamaz hale gelen miktarları üretim miktarlarının yanında çok düşük kalmaktadır. Eğer sandviç paneller hasar görmezlerse ve dikkatli bir şekilde muhafaza edilmişlerse tekrar kullanılabilirler. Eğer hasar çok büyükse, poliüretan öz için üç adet geri dönüşüm yolu bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki gibidirler;

- Malzeme geri dönüşümü
- Ham malzeme geri dönüşümü
- Enerji geri dönüşümü

Ozon tüketici özelliğe sahip olan poliüretan malzemeler ve diğer katkı maddeleri malzeme ve ham malzeme geri dönüşümü için uygun olmadıkları için sadece enerji geri dönüşümünde kullanılırlar.

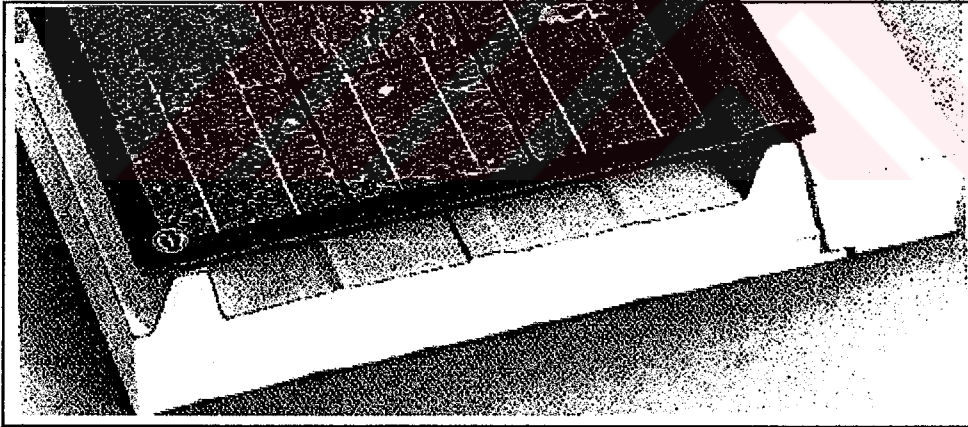
Polistren dolgulu sandviç paneller ise, ekspande polistren sonsuz ömürlü bir malzeme olduğu için bina durdukça yalıtım görevine ilk günkü gibi devam eder. Polistren dolgulu sandviç panellerde, ozon tabakasına zarar verici kloroflorokarbon (CFC) ve türevleri (HCFC)'ler bulunmadığından dolayı çevre dostu olarak bilinirler. (PÜD, 2004)

### **Hızlı ve Güvenli Çalışmaya İmkan Sağlama**

Sandviç paneller, oldukça hafif olmalarından ötürü ve şantiyede tüm hava koşulları altında, kolay ve çabuk çalışılabilirdikleri için, hızlandırılmış proje çalışmalarına izin verirler. Düşük ağırlıkları sayesinde hem taşıma zamanı azalmakta hem de tespit ve kesme gibi bir takım işler daha kolaylıkla yapılabilmektedir.

### **Yeni Teknolojilerle Olan Uyum**

Çatılardaki sandviç panellerle güneş ışıklıklarının birleşiminde, strüktürel raylar foto galvanik cam modülleri taşımaları amacı ile profillerin tepelerine monte edilirler. Güneş ışığını almadaki doğru eğim ve yönelim, verimliliğin artmasına sebep olur. Ekonomiklik ve çevre dostu olması gibi avantajlarının yanı sıra çatı parçalarının güneş enerjisini elektriğe dönüştüren parçalarla olan birleşimleri, camın yüksek yoğunluğu ve akustik dalgaları yansıtan cam modüllerin akustik geçirimsizliğine bağlı olarak çatılarda daha yüksek bir akustik korunum sağlamaktadır. Yerleştirilen titreşim yutucular sayesinde ise yağmur yağışı esnasındaki ses taşınımı azaltacaktır. Çatılarda kullanılan sandviç panellerin güneş enerjisini elektriğe dönüştüren parçalarla olan birleşimleri Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3 Sandviç panellerin güneş enerjisini elektriğe dönüştüren parçalarla olan birleşimleri  
(Koschade, 2002)

Sandviç panellerin yaratıcı tekniklerle uyum örneklerinden birisi de ısıtıcı ve soğutucu yüzeylerin sandviç panellerin içine yerleştirilmeleridir. Bu yerleştirme ısı yükünün artmasına sebep olur. Bazı ısıtıcı panellerde ufak çaplı tüpler öz malzemesinin içine gömülü bir biçimde sandviç panele yerleştirilirler. (Koschade, 2002)

#### 4.6.2 Sandviç Panellerin Dezavantajları

Sandviç panellerin yukarıda sıralanan avantajlarının yanında bazen, üretim veya kullanıma dayanan bazı dayanıklılık problemleri görülmektedir. Aşağıda, sandviç panellerin genel dezavantajları sıralanmaktadır:

- Sert plastik köpük özlerde, zayıf yangın direnimi
- Yüzeylerden birinin yüksek ısıya maruz kalması durumunda deformasyona uğrama
- Üretim sırasında bazı kusurlara sahip olan poliüretanlı panellerin su toplaması
- Üretim kusurları olan yapıştırıcı bağların bozulması
- Bazı, düşük kalitedeki mineral yün malzemelerin, yüksek sıcaklık ve nem karşısında bozulmaları
- Yürüme yoğunluğundan dolayı çatı panellerinin bozulması (Daha çok mineral yünlü panellerde görülür fakat diğer malzemelerde de olması mümkündür)
- Panellerin tespitinde yeterli yangın direnimine önem verilmemişse, bu durum panellerin aniden birbirlerinden ayrılmasına ve çökmeleri.
- Su geçirmezlik sağlayan yüzeyleriyle sandviç panellerin, itfaiyecilerin bazı yangınlarda yangını söndürmek için kullandıkları suyu kullanmalarını zorlaştırmaktadırlar

Amaca uygun doğru paneller seçildiğinde bu sorunların hiçbiriyle karşılaşılmaz ya da zararlı etki en aza indirgenmiş olur.

## **BÖLÜM 5. SANDVIÇ PANEL UYGULAMALARI**

Sandviç panel uygulamasında, tasarımcılar kendi tasarımlarına uygun olan dış kabuk yüzeyi etkilerini gerçekleştirmede geniş bir yüzey yapısı ve renk seçeneğine sahiptirler. Mimar dış kabuğa , değişik profiller, sistem genişlikleri, özel biçimlendirilmiş parçalar, değişik tiplerde bağlayıcı ve aksesuarlar kullanarak tek bir karakter verebilir.

Sandviç panellerin kullanıldığı yapı dış kabuğunda hızlı ve kolay yapım, gelişmiş birleştirme ve bağlama teknikleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu maddi kazancı tüm uygulamalarda elde etmek için, sistem olanaklarını, üretici kataloglarını ve malzemelerin çalışma teknikleri ve yerleşim durumları ile yapım aksesuarlarının iyi bir biçimde bilinmesi gerekmektedir. Ekonomik açıdan avantajlı olduğu halde, kaliteli bir dış kabuk tasarımı gerçekleştirmeyeceği için, detay planlamasında basit standart çözümlerden kaçınılmalıdır.

### **5.1 Sandviç Panellerin Birleşim Yöntemleri**

Panel birleşimlerinin başarılı olabilmeleri için sandviç panellerde aranan özellikler, kolay yerleştirilebilmeleri, hava sızdırmazlıkları ve birbirine bağlı birleşim noktalarının ısıyı alıkoymalarıdır.

Sandviç panellerin birleşimleri, bir panelle diğer panelin birleşimi ile panellerin destekleyici strüktüre birleşimi şeklinde olur. Dış kabukta en yaygın biçimde kullanılan sandviç panellerin birleşim biçimleri Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Cephe elemanları arasındaki birleşimler lamba zıvana biçiminde yapıldığında başarılı olur. Çatı elemanlarında kullanılan baskın yöntem ise dış yüzey profil başlığının yan panelin üzerine bindirilmesidir.

Cephe kaplamasında kullanılan sandviç paneller görünen ve gizlenmiş bağlantı elemanlarına sahiptirler. Görünen tespit elemanları, ekonomik olmaları açısından daha çok endüstriyel uygulamalarda kullanılırken, ofis yapıları gibi, daha fazla mimari talepleri olan yapılarda gizlenmiş tespit elemanları kullanılmaktadır. Tespit alanı birleşimin gözükmeyen kısmında bulunur. Böylece homojen bir yüzey elde edilmiş olur. Bu birleşim biçimlerinin getirmiş olduğu bir diğer avantaj ise bağlantı elemanlarının hava şartları, kir ve korozyondan korunuyor olmasıdır.

Çatı elemanlarının birleşim biçimi cephe elemanlarından farklıdır. Çatılardaki sandviç panel birleşimlerinde, bir panelin profillendirilmiş dış yüzeyinin diğer panelin hadvelendirilmiş yüzeyine bindirildiği görülür. Mastik veya fitil gibi bir dolgu malzemesi, profillendirilmiş yüzeyin altına yerleştirilerek hava sızdırmazlığı ve ısı korunumu elde edilir.

Pek çok çatı yüzeyi uzun çatı panellerinin bulunmasından dolayı binisiz birleşimlerle kaplanmaktadır. Binili bir birleşimin gerekli olduğu durumlarda, sandviç panellerin doğrusal bir biçimde yerleştirilmelerine ve yalıtımlarının iyi bir şekilde yapılmış olmasına dikkat edilmelidir. (Koschade, 2002)

Sandviç panellerin taşıyıcı strüktüre tespit edilmeleri özel uygulamalar ile gerçekleşir. Kullanılan vidalar tavlınmış çelik, paslanmaz çelik ve alüminyumdan üretilirler. Ana strüktürde kullanılan malzemeye bağlı olarak vidaların uzunlukları, yiv tipleri, delinen noktanın biçimi değişmektedir.

Gizlenmiş bağlantı elemanına sahip olan elemanlarda, birleşim biçimine göre, şekillendirilmiş kenetler veya profillendirilmiş tespit klipsleri kullanılabilir.

Sandviç panel birleşimlerinde alınacak olan önlemlerle yapı ve panellerin zarar görmesi engellenmiş olur. Bu önlemlerden bazıları aşağıdaki gibidir;

- Sandviç panellerin birbirleri ile olan birleşimlerinde B2 sınıfı yanmazlığa sahip özel izolasyon bandı kullanılır.
- Panellerin bini hadvelerinde bulunan yiv, rüzgar kuvveti ile metal yüzeyinde tırmanan su damlacıklarının, suyun viskozitesi sebebi ile iki metal arasında yükselerek bina içine damlamasını engellemektedir.
- Panellerin birbirleri ile iyi başarılı bir şekilde birleştirilmeleri ve aradaki izolasyon bandı sebebi ile dış ortama hava sızdırılmaması, soğuk havalarda oluşabilecek yoğunlaşmayı engellemektedir.

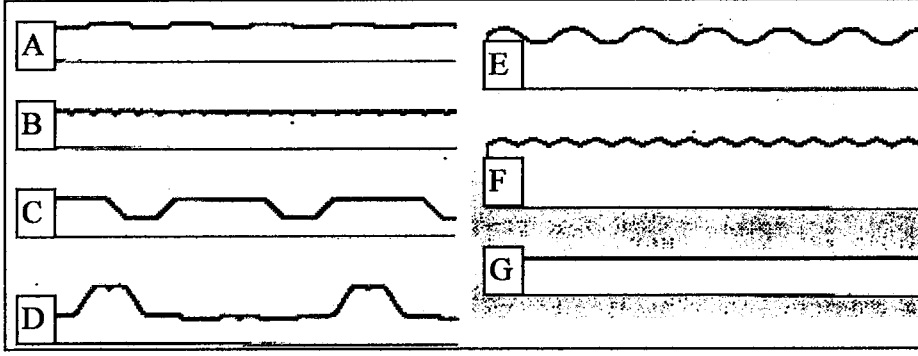
Sandviç panellerde kullanılan değişik strüktür biçimleri aşağıdaki gibidir. Şekil 5.1a'da kaburga biçimli profil, Şekil 5.1b'de boncuk biçimli profil, Şekil 5.1c'de trapez biçimli duvar profili, Şekil 5.1d'de trapez biçimli çatı profili, Şekil 5.1e'de sinüs oluklu profil, Şekil 5.1f'de şaşırtmalı profil ve Şekil 5.1g'de düz profil gösterilmiştir.

Sandviç panellerin birleşimleri aşağıdaki gibi değişik şekillerde yapılabilmektedirler: Değişik bileşen genişlikleri ile yapılanlar

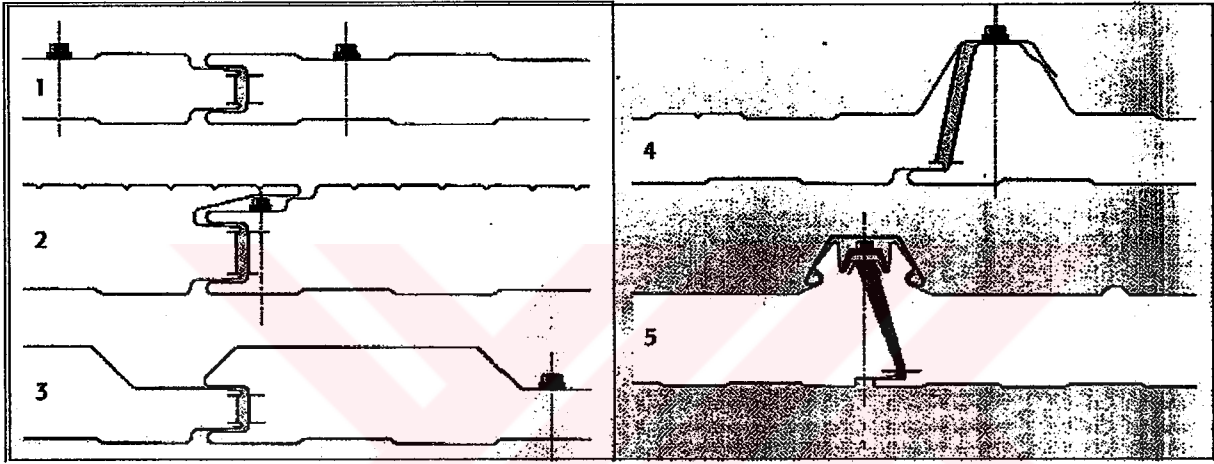
- Değişik birleşim profilleri ile yapılanlar
- Açıkta kalan bağlantı elemanları ile yapılanlar

Gizlenmiş bağlantı elemanları ile yapılanlar

Sandviç panel birleşim biçimleri Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 Sandviç panel strüktür biçimleri (Koschade, 2002)



Şekil 5.2 Sandviç panel birleşim biçimleri (Koschade, 2002)

## 5.2 Sandviç Panellerin Tespit Yöntemleri

Yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panellerin bağlantıları sırasında kullanılan tespit elemanlarının tipleri ve kaliteleri aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Yükleme tipi
- Bağlantısı yapılacak olan panellerin malzemeleri
- Bağlantısı yapılacak olan panellerin kalınlıkları
- Malzemelerin korozyon dayanımı
- Tespit türü
- Yerleştirme ve ekipman bilgisi

Tespit elemanları sandviç panellerin birleşim noktalarında bulunan boylamasına yalıtım boyunca ve sandviç panellerin orta noktalarında tek bir kere kullanılmak üzere yerleştirilmelidirler. Tespit elemanlarının miktarı ve yerleşim sıklığı, strüktürel hesaplamalara ve rüzgar yüküne bağlıdır. Sıkıştırılmaya bağlı olarak oluşan bozulmalar vidalama sırasında

azaltılabilir. Bu durumda kullanılacak olan matkabın kaliteli olması da önemli bir rol oynamaktadır.

Panellerde kullanılan tespit elemanları iki guruba ayrılırlar:

- Ana bağlantı elemanları panellerin strüktüre tespitini sağlarlar
- İkincil bağlantı elemanları sandviç panellerinin arasındaki birleşimi sağlarlar (Konti, 2003)

Kullanılan vidanın türü, çelik aşıklık ve ahşap kirişler gibi taşıyıcı strüktürün türüne göre değişiklik göstermektedir. Panellerin değişik strüktürlere tespitini sağlayan bazı vida türleri Şekil 5.3’de görülmektedir. Sıklıkla kullanılan tespit elemanları aşağıdaki gibidir:

- Dış açan (matkap uçlu) vidalar
- Ahşap vidaları
- Dikiş vidaları
- Ham perçinler

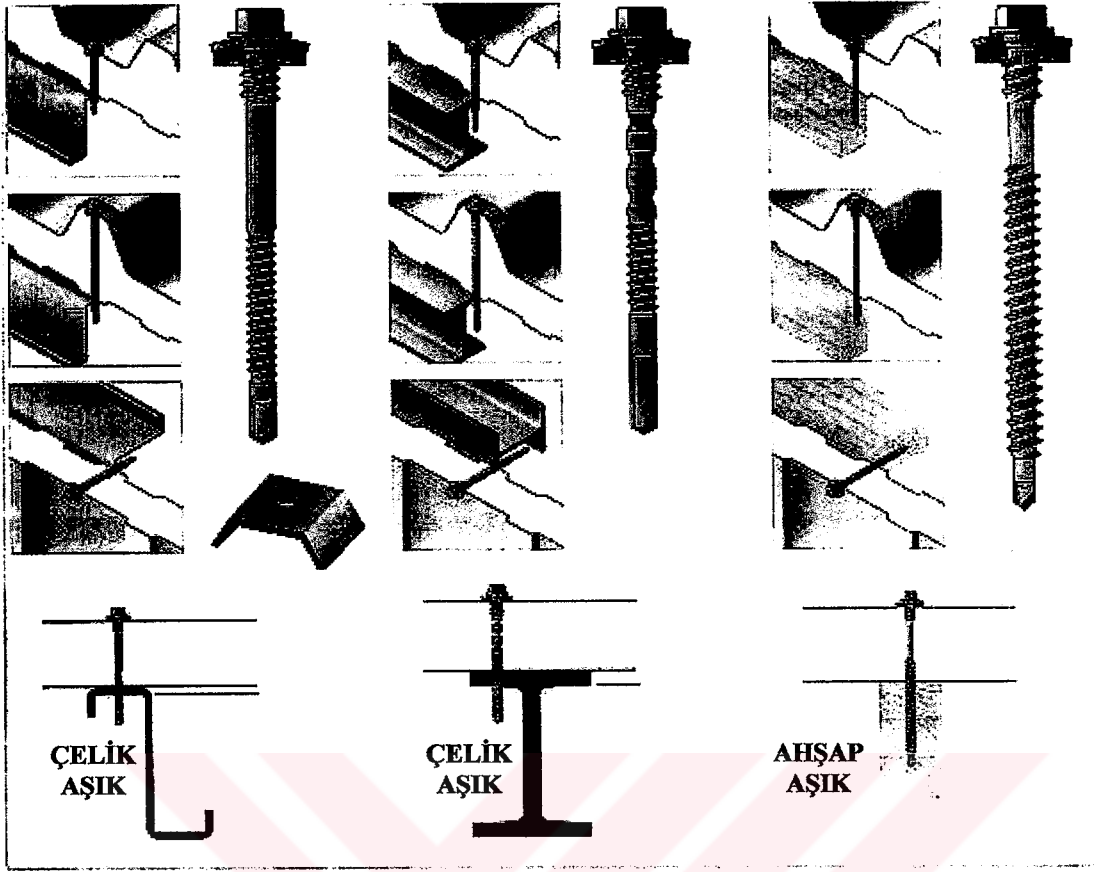
Dış açan vidalar, üzerinde salmastra rondelası takılmış şekilde paslanmaz çelikten üretilirler. Alt strüktür çelik ise kalınlıkları 2 mm’den büyük olur. Alt strüktürün alüminyum olduğu durumda ise kalınlıkları 3 mm’den büyük olur. Bu vidaların üzerine elastomer vulkanize edilmiştir.

Ahşap vidalar, arıtılmış çelikten veya üzerine salmastra rondelası takılmış alüminyumdan üretilirler. Panelleri, ahşap alt strüktüre bağlamak için üzerine elastomer vulkanize edilmiştir.

Bir panelin uç noktasında bulunan bininin diğer panelin üzerine getirilerek birleştirilmeleri için, alüminyum alaşımı üzerine salmastra rondelası takılmış dikiş vidaları kullanılır. Ham perçinler, profil tablalarının ve kenar sacların baş başa eklenecek şekilde bağlanmasını gerçekleştirirler. (Aluform, 2003)

### **5.3 Sandviç Panellerin Birleşim Noktalarında Kullanılan Dolgu Malzemeleri**

Sandviç panel uygulamalarında bağlantı elemanları kadar ihtiyaç duyulan bir diğer malzeme türü dolgu malzemeleridir. Sandviç panellerin birleşiminde kullanılan dolgu malzemeleri neme karşı dayanım sağladıkları gibi, birleşim noktalarında oluşacak kir birikimini de önlerler. Üretim sırasında dolgu malzemelerinin seçimi, sandviç panellerin birleşim biçimine bağlıdır. Sandviç panellerin yapıya tespiti sırasında kullanılan dolgu malzemeleri aşağıdaki gruplara ayrılırlar;



Şekil 5.3 Sandviç panellerin tespitini sağlayan bazı vida türleri (Koschade, 2002)

- Birleşim noktalarını dolduran malzemeler
- Yapıştırıcı bantlar ( 20x10 mm ve 40x10 mm)
- Yalıtım amacıyla kullanılan boşluk doldurucu malzemeler
- Ön yapımlı boşluk doldurucu malzemeler (10x4mm) (Konti, 2003)

Boşluk doldurucu malzemeler aşağıda sıralanan özelliklerini yaklaşık yirmi yıl boyunca muhafaza edebilirler;

- Sertleşmezler, sürekli olarak esneklik gösterirler
- Kuvvetli bir şekilde yapışır
- Birleşim sırasında oluşan bozulmaları % 10 yutacak kadar esnekler
- Su buharına dayanıklıdır
- 20<sup>0</sup> C ile 800<sup>0</sup> C arasında çalışabilirler
- Ultraviyole ışınlarına karşı dayanımlıdır (Konti, 2003)

#### 5.4 Sandviç Panellerin Uygulama İlkeleri

Sandviç paneller uygulamaları, çatı ve cephe uygulamaları olarak iki guruba ayrılarak incelenebilirler. Aşağıdaki bölümlerde bu guruplar incelenecektir.

### 5.4.1 Çatı Uygulamaları

Sandviç paneller, tek eğimli, çift eğimli veya şed mahyalı olmak üzere pek çok çatı şekli için kullanılabilirler

Çatının su sızdırmazlığı, en düşük çatı eğiminin su drenajı yapmasına ve çatı elemanlarının özel yerleştirme kurallarının doğru bir şekilde yerine getirilmesine bağlıdır. Panellerin bini yapılmadan birleştirildiği çatıların en düşük eğimi %5,2'dir. Panellerin bini yapılarak birleştirildiği en düşük çatı eğimi ise % 8,6'dır. (Koschade, 2002)

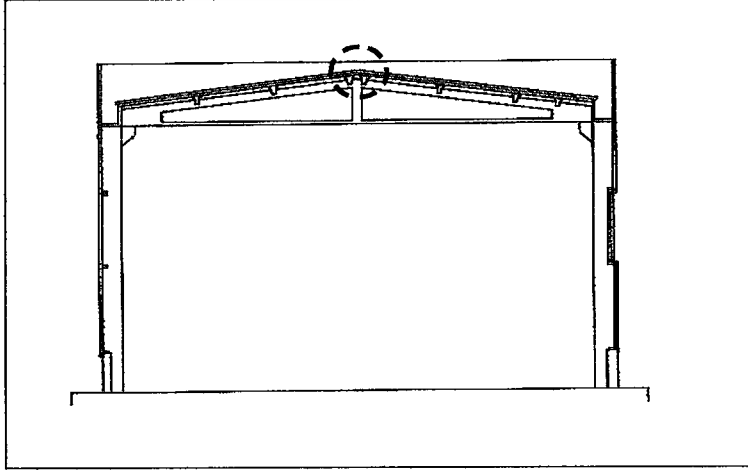
Çatı panellerinin tespiti mahya noktası yönüne doğru yapılır ve mahya noktasında kavisli mahya uygulanması ile tamamlanır. Şiddetli rüzgar kuvvetine maruz kalan bölgeler ile kenar ve köşe bölgelerde iç strüktüre ilave tespitler yapmak gerekir. Kenarları üst üste gelerek birleştirilen çelik yüzeyli paneller 60 cm' den küçük veya eşit, alüminyum veya bakır yüzeyli olanlar ise 40 cm' den küçük veya eşit aralıklarla tespit edilirler.

Saçaklardaki detaylandırma, sandviç panelin kesilmiş köşesinin doğrudan su ile temas etmemesini sağlamalıdır. Çatıda kullanılan sandviç panellerin su drenajı, iç ve dış oluklarla gerçekleştirilmektedir. Bu oluklar, gerektiğinde bakım ve temizlik yapılması sırasında yürünebilecek kadar geniş tasarlanmalıdırlar. Çatı konstrüksyonu, çatı yüzeyinin herhangi bir bölgesinde su birikiminin oluşmasına imkan vermemelidir. Kar yağdığı ve dondurucu soğukların olduğu dönemlerde, ısınmadan dolayı karlarda oluşacak olan herhangi bir erime saçakların tıkanmasına sebep olabilir.

Sandviç panel birleşimlerinde oluşacak olan gereksiz nem yüklemesini engellemek için çok kar yağın bölgelerde, oluk ısıtıcılarının yerleştirilmeleri tavsiye edilmelidir. Sandviç panellerin yumuşak metalik yüzeyleri, yağmur suyunun hızla inişini sağladıkları gibi yağın karların da kolayca kaymasına neden olurlar. Çatılardaki saçak birikimlerini engellemek için ise kar tutucularının yerleştirilmeleri uygun olacaktır. Noktasal tespitli kar ızgaraları kullanışsızdır. Bunlar çatıda bazı bozulmalara sebep olabilirler. (Koschade, 2002)

#### 5.4.1.1 Mahya Uygulaması

Şekil 5.4'de belirtilen mahya uygulamasında öncelikle çatıyı taşıyan aşıklar üzerine alt mahya aksesuarı yerleştirilir. Kullanılan alt mahya aksesuarı, iç mekandan görülen iki panelin birleşimindeki kötü görüntüyü engeller. Çatıyı taşıyan aşıklar betonarme, çelik veya uzay kafes olabilir.



Şekil 5.4 Mahya (Assan, 2003)

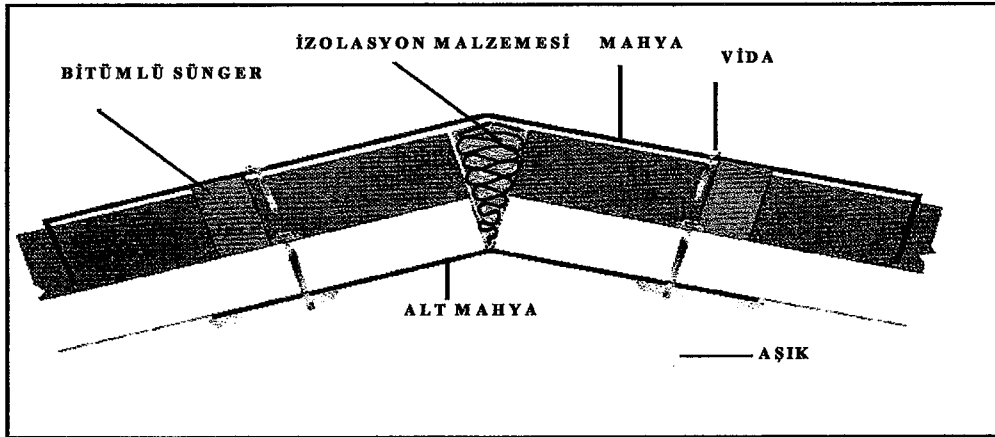
Alt mahya aksesuarının üzerine vidalarla sandviç paneller yerleştirilir. Tam mahya noktasında panel kenarlarının uç uca birleşmemesi gerekmektedir. Eğer birleşirlerse, karşılıklı konulan paneller çalışmaları açılarından birbirlerine zarar verebilirler.

Mahya birleşim noktasında, panellerin arasına ısı köprüsünü engellemek için izolasyon yapılır.

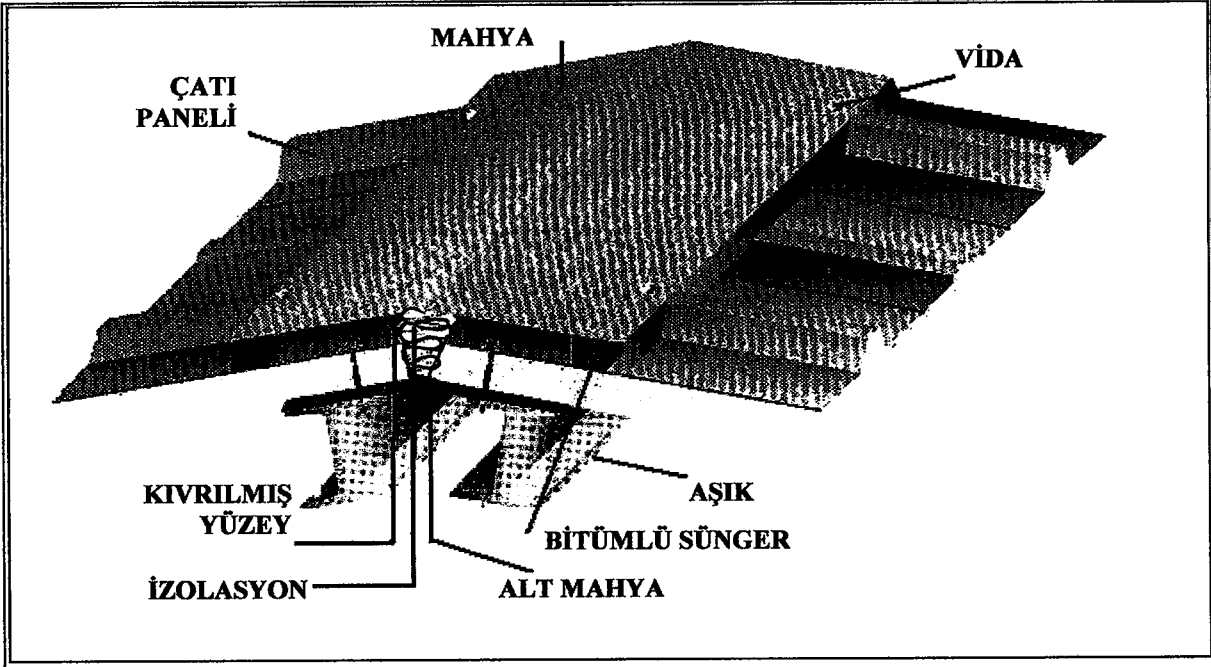
Birleştirilen iki taraflı panelin üzerine mahya aksesuarı yerleştirilir.

Suyun içeri girmesini engellemek için mahya aksesuarında kıvrım oluşturulur.

Su sızdırmazlığını sağlamak amacı ile mahya aksesuarının iç bölgesine bitümlü sünger tabakası yerleştirilir. Bitümlü sünger tabakası, mahya aksından itibaren yaklaşık 15-20 cm uzağa yerleştirilir ki, su içeri girmeden en uzak noktadan geri dönsün. Mahya uygulamalarında kullanılan mahya aksesuarının genişliğini, yerleştirilen sünger tabakasının konumu belirler. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da bazı mahya detayları gösterilmektedir.

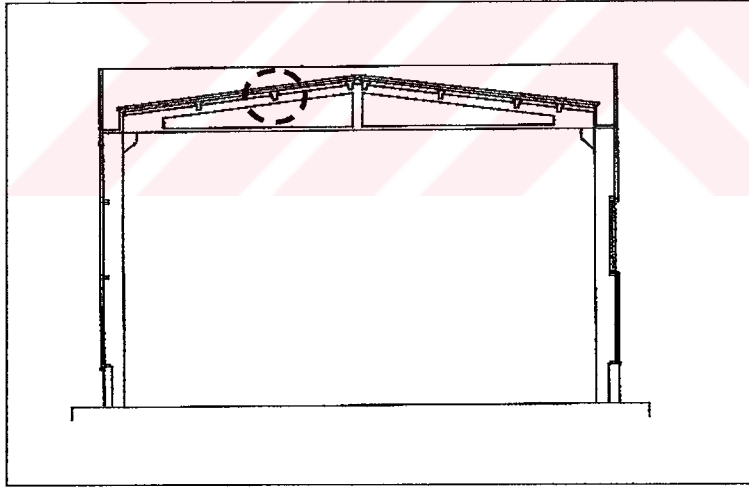


Şekil 5.5 Mahya detayı (Metalform)



Şekil 5.6 Üst mahya ve alt mahya uygulamaları (Metalform)

#### 5.4.1.2 Çatıda Boyuna Ek Uygulaması



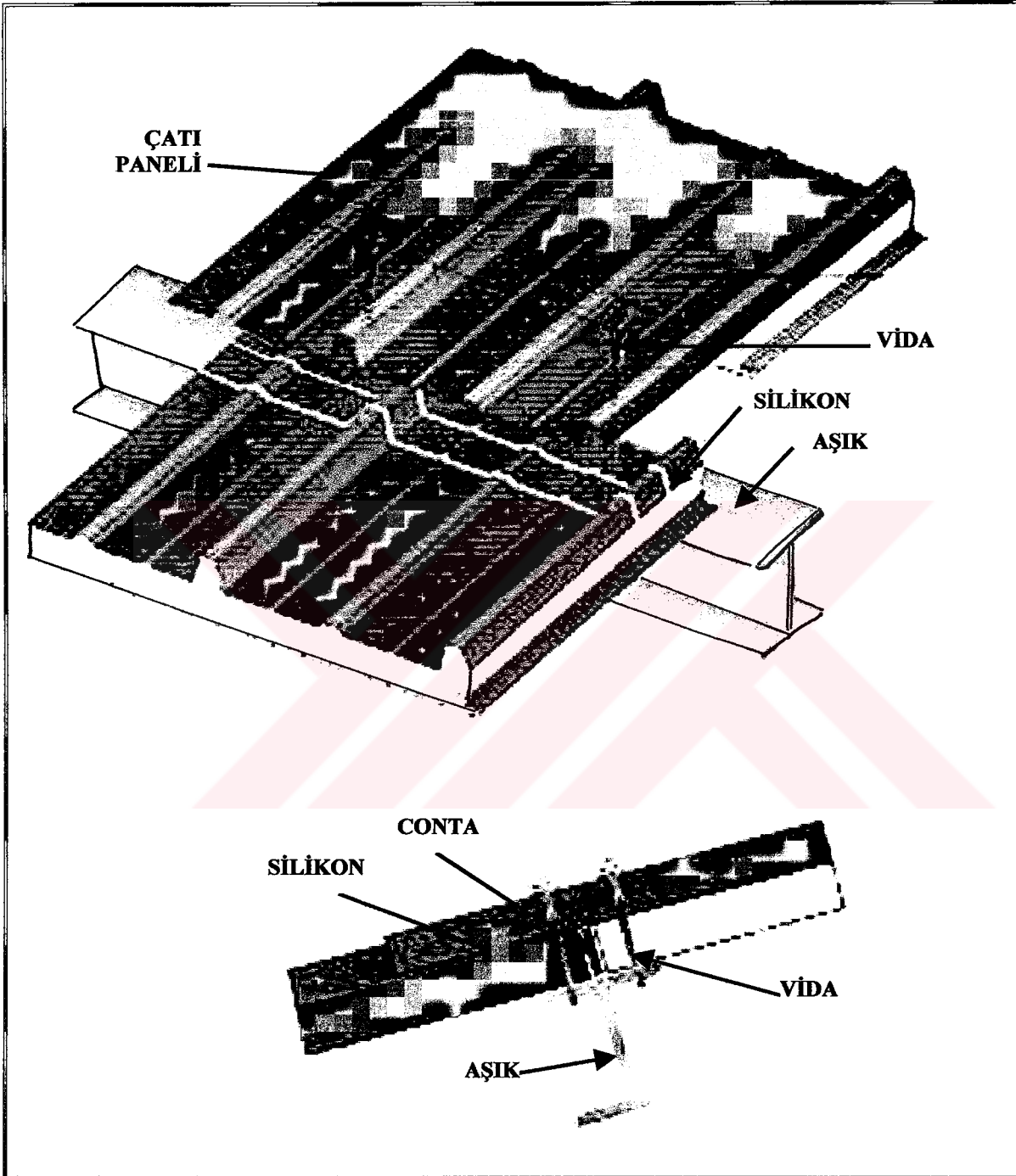
Şekil 5.7 Çatıda boyuna ek (Assan, 2003)

Şekil 5.7'de belirtilen çatıda boyuna ek uygulamasında öncelikle, bir diğer sandviç panelin üzerine bindirilecek olan panelin bini kısmı, bini mesafesi en az 10 cm olacak şekilde kesilir. Bini mesafesi genelde 20 cm'dir.

İki panel arasına daha sonra mastik veya köpük bant uygulanır. Paneller % 10 veya daha düşük eğimde kullanıldığı için, mastikle bininin başladığı nokta arasındaki mesafe ne kadar büyürse suyun girmesi o kadar engellenmiş olur.

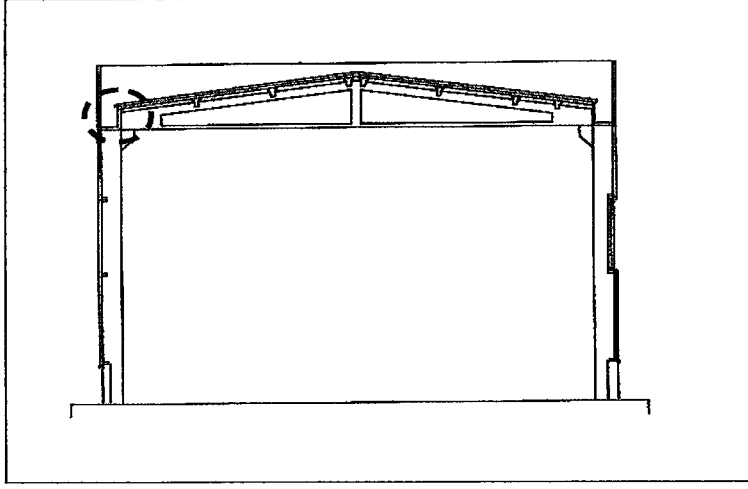
Paneller taşıyıcı aşığa vidalarla tutturulurlar.

Çatıda boyuna ek detaylarına ait örnekler Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.8 Çatıda boyuna ek detayı (Metalform)

### 5.4.1.3 Gizli Dere Uygulaması



Şekil 5.9 Gizli dere (Assan, 2003)

Şekil 5.9’da belirtilen gizli dere uygulamasında, gizli derenin cepheye bakan kısmındaki cephe paneli yükseltilerek dere gizlenmiş olur.

Cephe panelinin üst kısmı yalıtım ve estetik amaçlı olarak bir harpuşa aksesuarı ile kapatılır ve bu aksesuar cephe paneline vida ile tespit edilir.

Arka bölümde kalan sandviç panel , gizli derenin üzerine eğimli bir şekilde bindirilir. Burada önemli olan nokta panelden dereye suyu akıtılabilmektir.

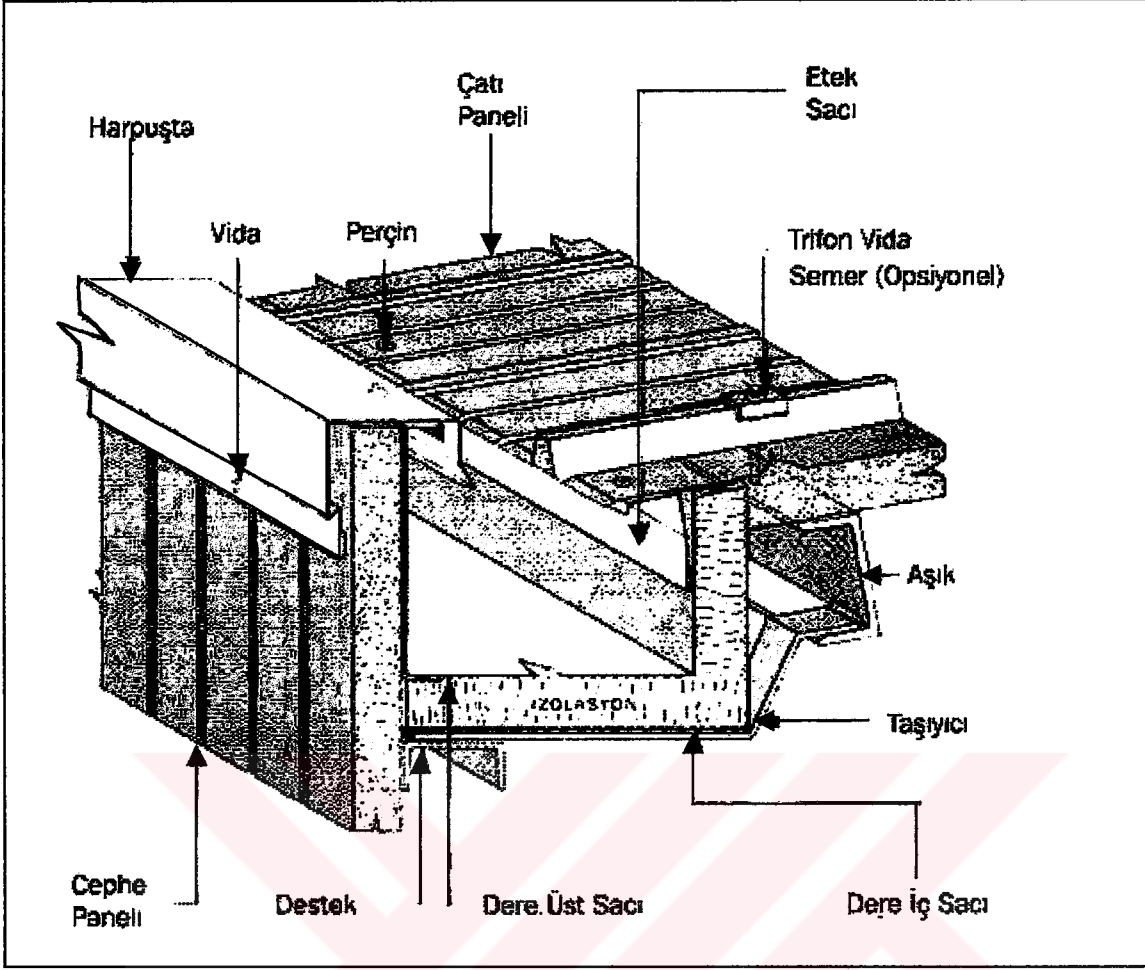
Rijit izolasyon malzemesi kullanılarak yapılan dere, vida ile bir taşıyıcı profile tespit edilir. Gizli dere detaylarına ait bazı örnekler Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de gösterilmektedir.

### 5.4.1.4 Ara Dere Uygulaması

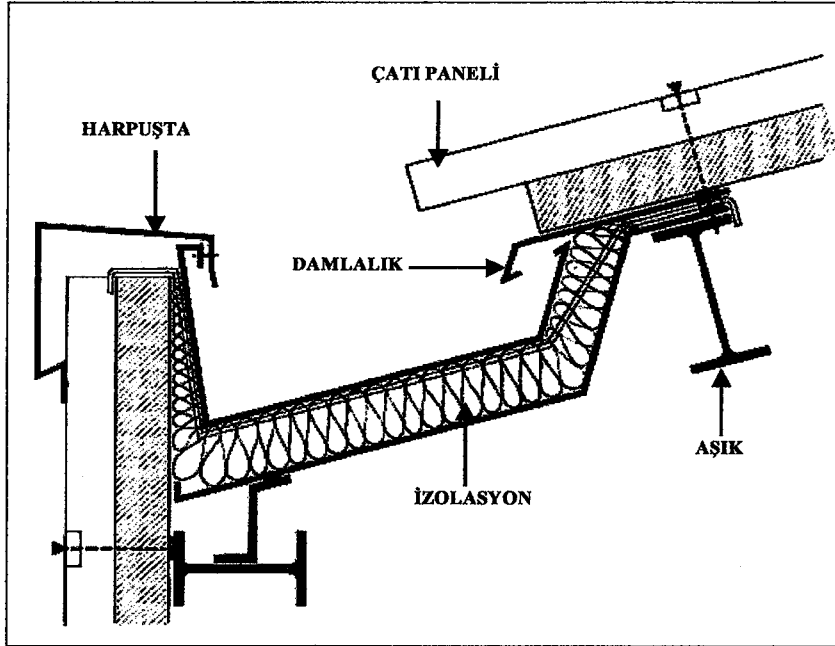
Şekil 5.12’de gösterilen ara dere uygulamasında çatı panellerini taşıyan taşıyıcı profillerin alt kısmına taşıyıcı metal bir profil yerleştirilir.

Bu metal profilin üzerine ise iç ve dış yüzeyi kıvrılmış metalden yapılmış olan rijit izolasyon malzemeli yağmur deresi bindirilir.

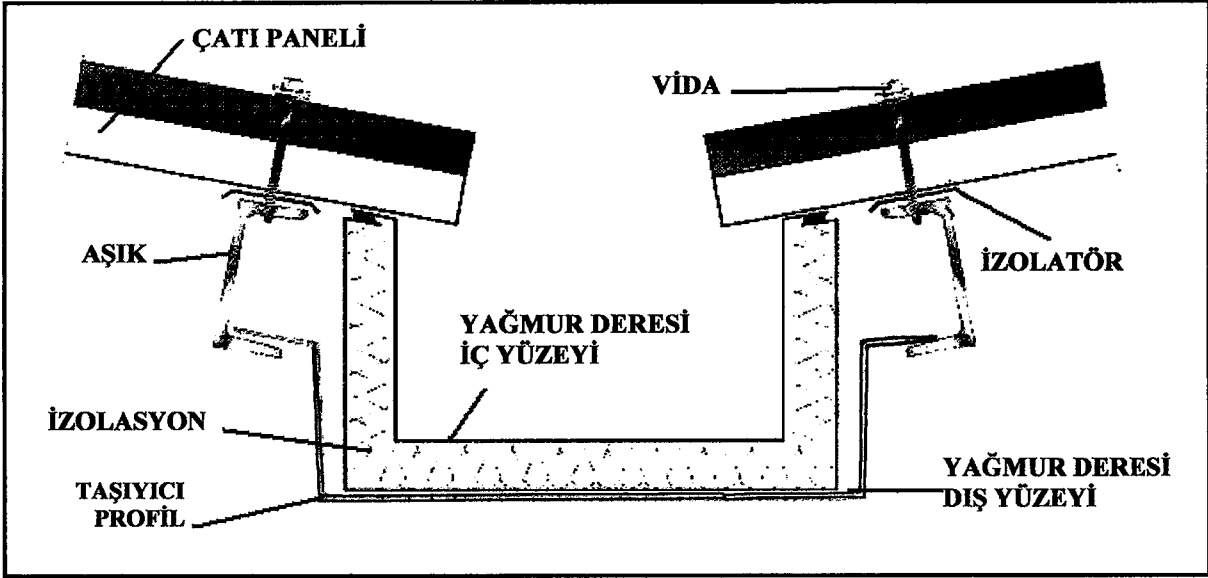
Sandviç panellerin alt kısmında, yağmur deresi iç ve dış yüzeyin birleştiği nokta bir yalıtım malzemesi ile kapatılır.



Şekil 5.10 Gizli dere detayı (İzopoli, 2000)

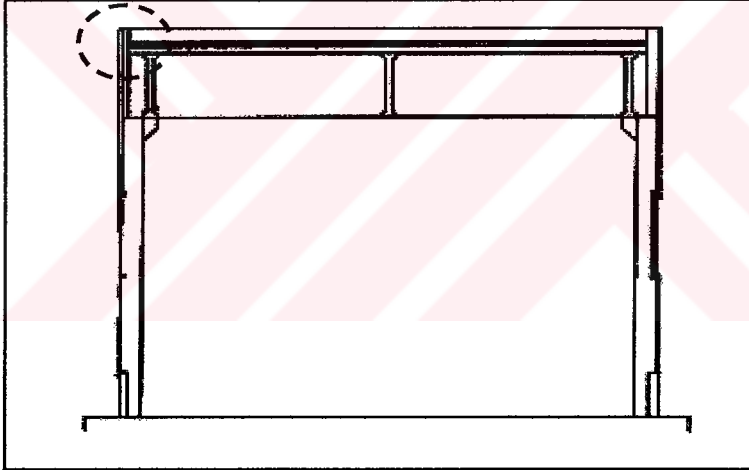


Şekil 5.11 Gizli dere kesiti (Usinor, 2003)



Şekil 5.12 Ara dere uygulaması (Metalform)

#### 5.4.1.5 Kenar Kaplama Uygulaması



Şekil 5.13 Kenar kaplama uygulaması

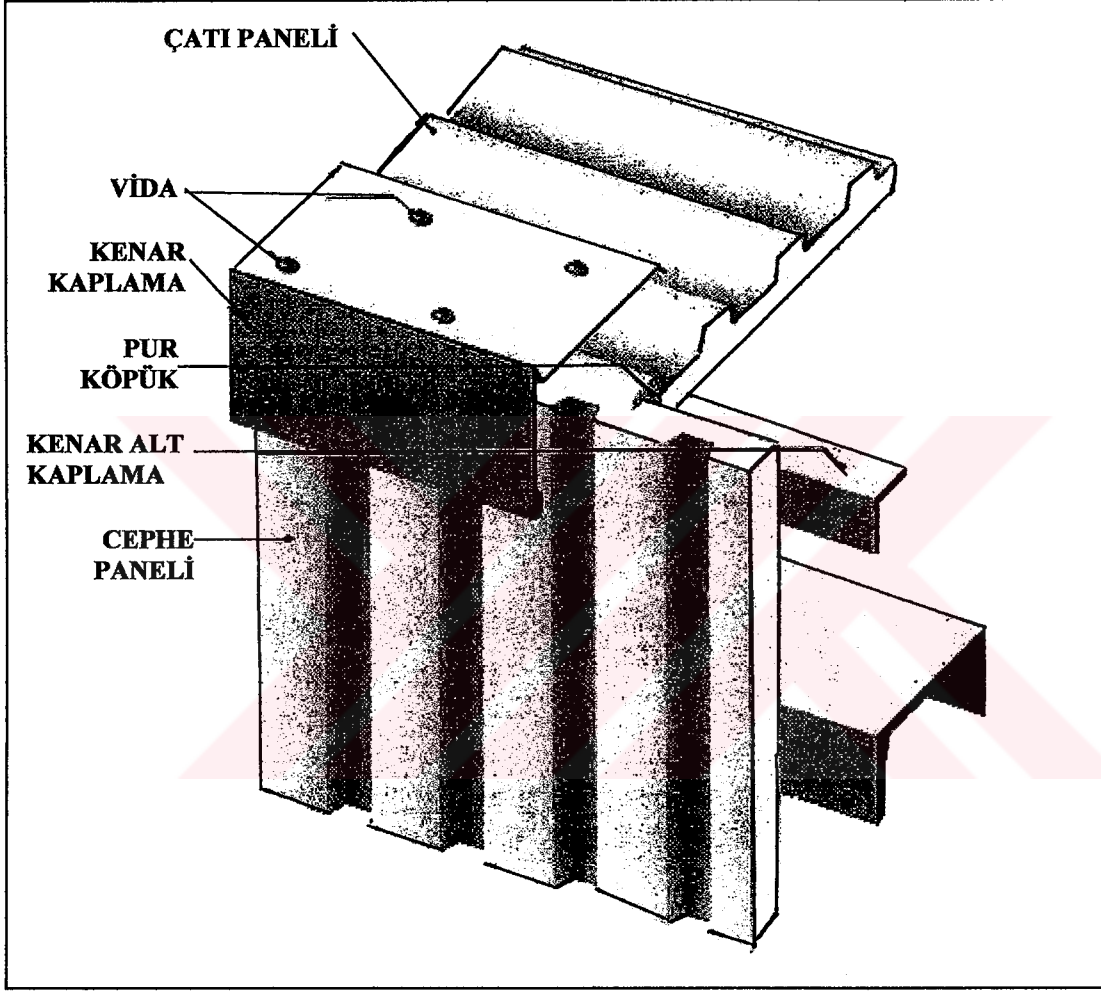
Şekil 5.13'de konumu belirtilen kenar kaplama uygulamasında , çatı aşığı tarafından taşınan çatı panelinin cephe paneli ile birleştiği noktada ısı köprüsünü engellemek için yalıtım malzemesi kullanılır.

Yalıtım malzemesinin kullanıldığı birleşim noktasında pürüzlü noktaları kapatmak için alttan kenar alt kapama aksesuarı uygulanır.

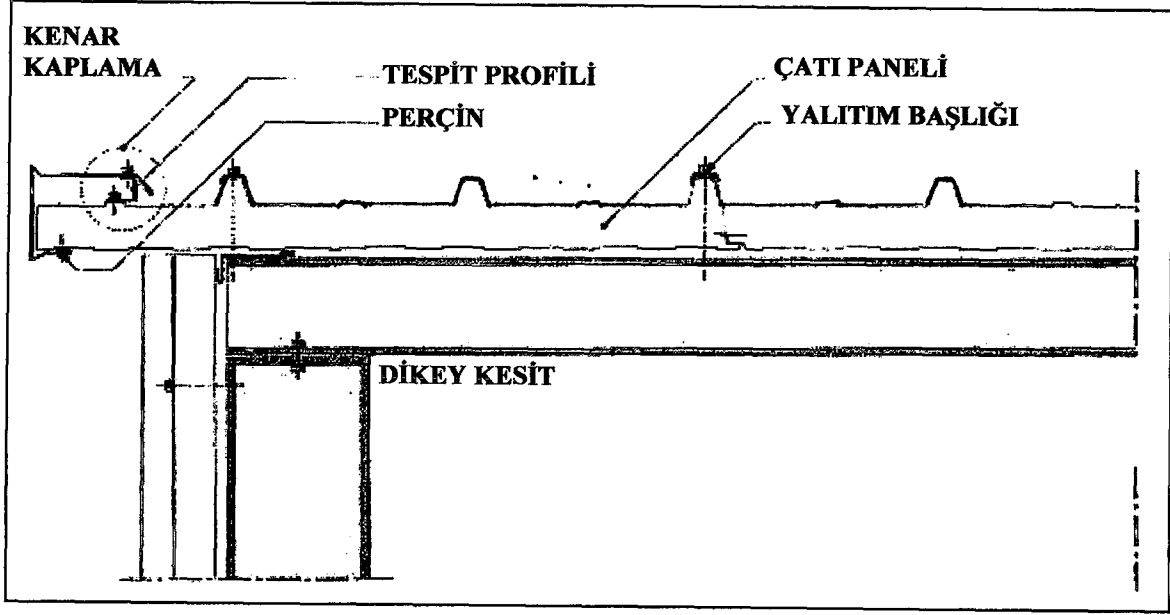
Cephe paneli ile çatı panelinin birleştiği nokta, estetik ve yalıtım amaçlı olarak bir alın kaplama aksesuarı ile kapatılır.

Alın kaplama aksesuarı cephede vida ile cephe paneline, çatıda ise vida ile önce çatı paneline daha sonra ise taşıyıcı strüktüre tespit edilir.

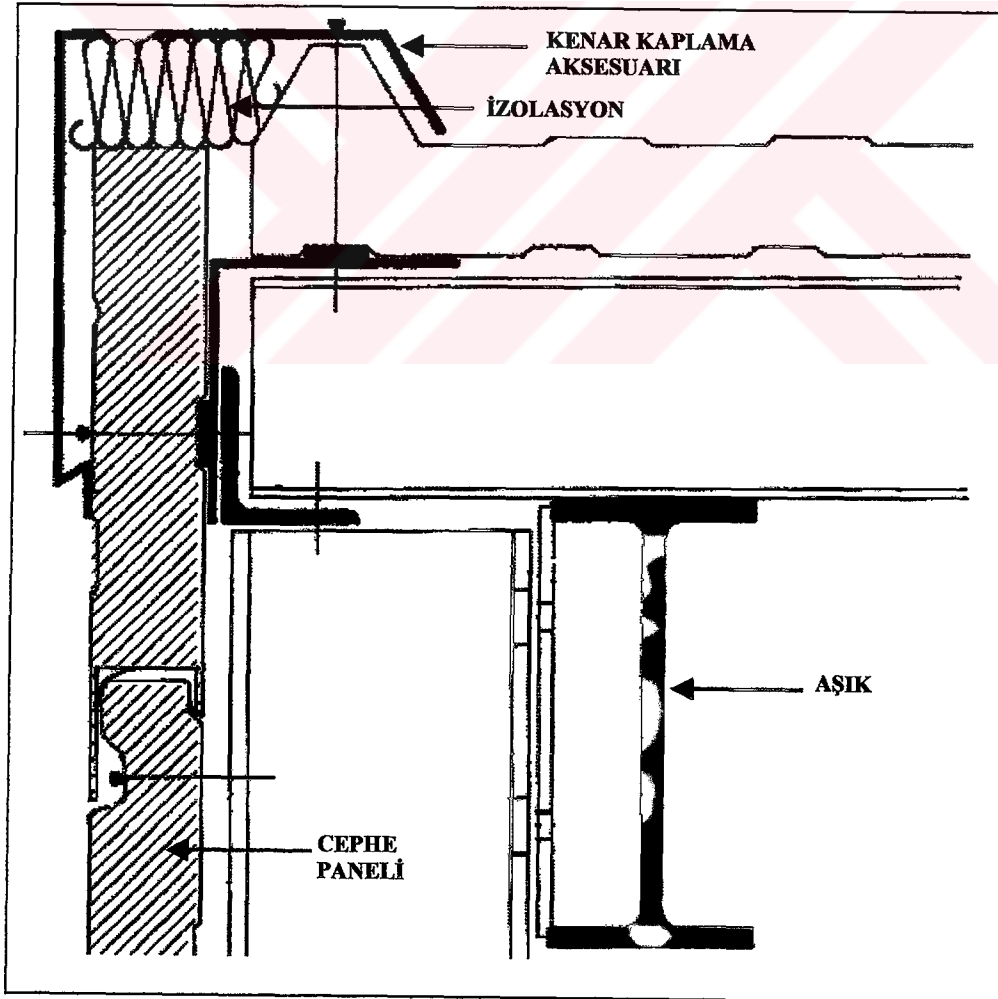
Alın kaplama aksesuarının kenarlarına tespiti kolaylaştırmak amacı ile bir büküm verilir. Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da çeşitli kenar kaplama uygulama detayları gösterilmektedir.



Şekil 5.14 Kenar kaplama uygulaması (Koschade, 2002)

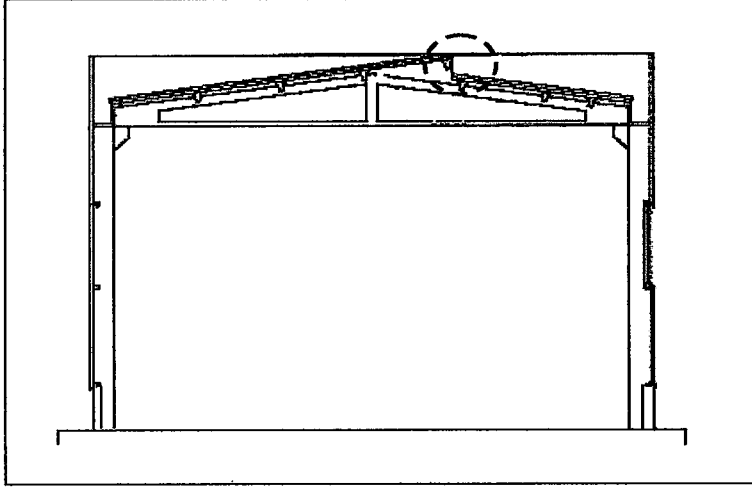


Şekil 5.15 Kenar kaplama biçimleri (Koschade, 2002)



Şekil 5.16 Kenar kaplama detayı (Usinor, 2003)

#### 5.4.1.6 Cephe Çatı Birleşim Uygulaması



Şekil 5.17 Cephe çatı birleşim uygulaması (Assan, 2003)

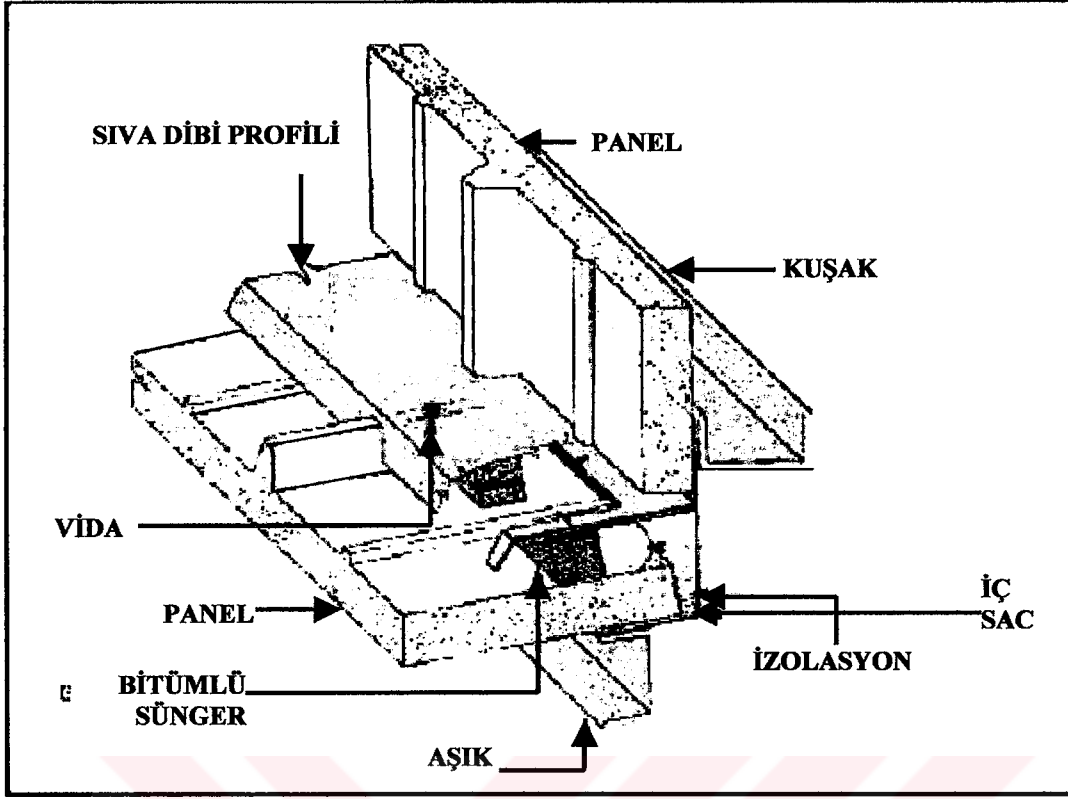
Şekil 5.17’de belirtilen cephe çatı birleşim uygulamasında, vida ile taşıyıcı aşığa tespit edilen çatı panelinin cephe panelinin altında kalan kısmına yalıtım uygulanır.

Uygulanan yalıtım, kötü görüntüyü engellemek amacı ile kenar alt kapama aksesuarı ile kapatılır.

Aynı şekilde estetik ve yalıtım amaçlı olarak çatı panelinin üzerine de kenar üst kaplama aksesuarı yerleştirilir.

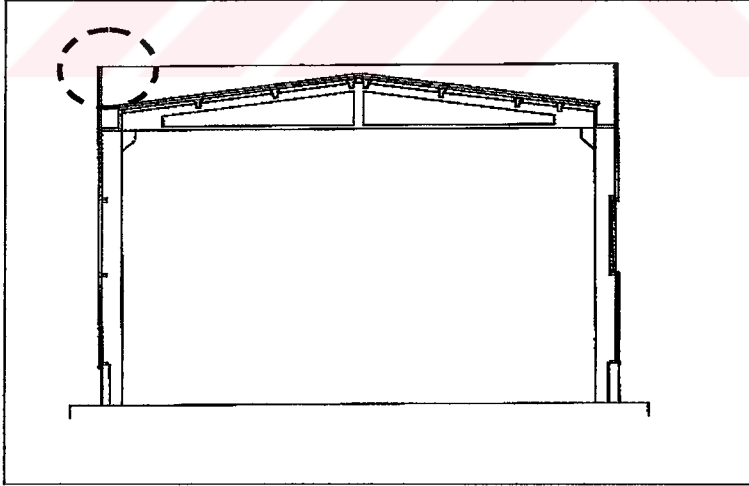
Kenar üst kaplama aksesuarı cephe panelinin altından, cephe panelinin yataydaki taşıyıcı strüktüre tespit edildiği noktaya doğru kıvrılarak bu noktada cephe paneliyle birlikte tespit edilir.

Kenar üst kaplama aksesuarının alt kısmına su sızdırmazlığını sağlamak amacı ile bitümlü sünger tabakası yerleştirilir ve uç kısmı kıvrılır. Şekil 5.18’de cephe çatı birleşim uygulama detayı gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Cephe çatı birleşim detayı (İzopoli, 2003)

#### 5.4.1.7 Kalkan Kenar Uygulaması



Şekil 5.19 Kalkan kenar (Assan, 2003)

Şekil 5.19’da belirtilen kalkan kenar uygulamasında, öncelikle pürüzlü noktaların mekânın iç kısmından görülmesini engellemek amacı ile kenar alt kaplama aksesuarı uygulanır.

Çatı paneli, bağlantı elemanları ile kenar alt kaplama aksesuarına tespit edilir.

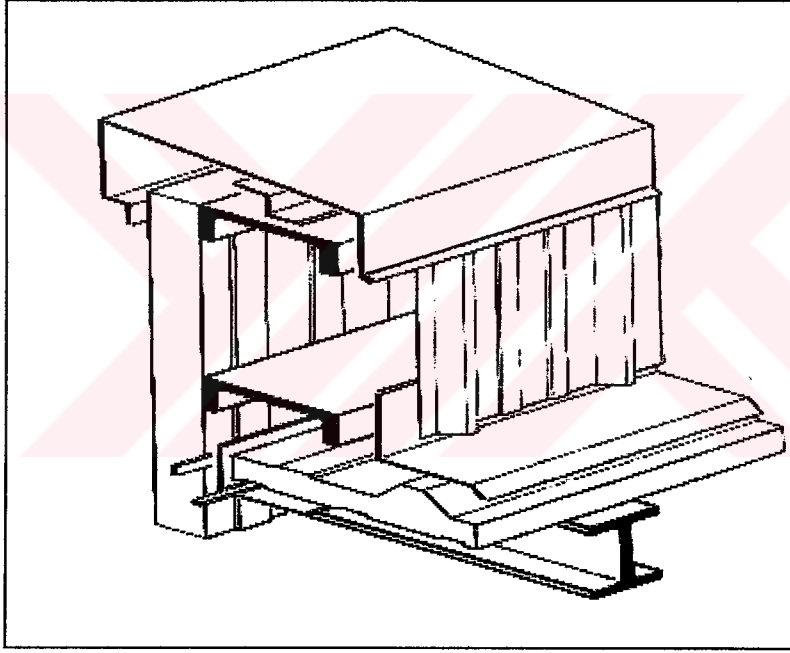
Çatı panelinin kalkan duvar ile birleştiği noktaya ise kenar üst kaplama aksesuarı yerleştirilir. Harpuşta üzerinden gelecek olan suyun, cephe panel birleşim noktasından yeterli derecede uzaklaştırılabilmesi için, kenar üst kaplama mesafesi 15-20 cm olmalıdır

Kenar üst kaplama aksesuarının profili Z şeklinde olduğu için Z profil olarak adlandırılır.

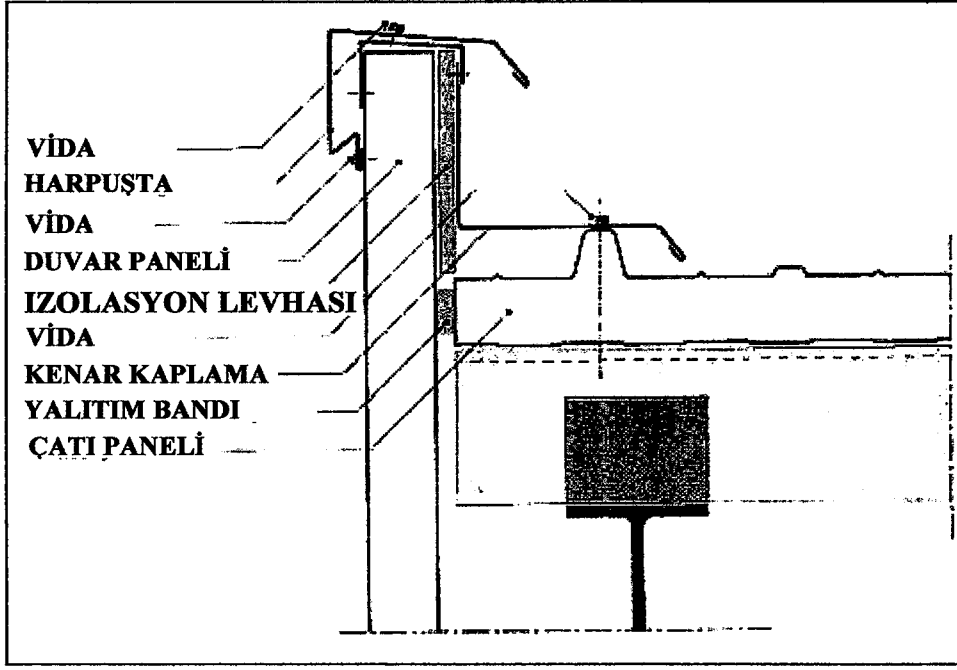
Harpuştanın üzeri bir kaplama aksesuarı ile kapatılır. Bu aksesuarın kalkan duvarın ön yüzündeki uç kısmı kıvrılarak kalkan duvara daha kolay tespiti sağlanır.

Z profilin bir ucu harpuştanın üzerindeki kaplamanın arkasına döndürülür.

Düzgün bir yüzey oluşturabilmek için kalkan duvarın arka kısmına takozlar konulur ve kaplama elemanı bağlantı elemanları ile bu takozlara ve kalkan duvara tespit edilir. Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’de kalkan kenar uygulamasına ait örnekler gösterilmektedir.

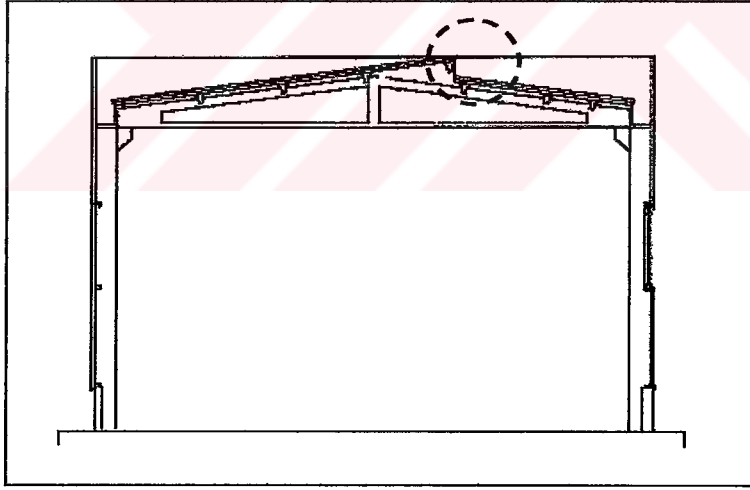


Şekil 5.20 Kalkan kenar detayı (Usinor, 2003)



Şekil 5.21 Kalkan kenar detayı (Koschade, 2002)

#### 5.4.1.8 Şed Mahya Uygulaması

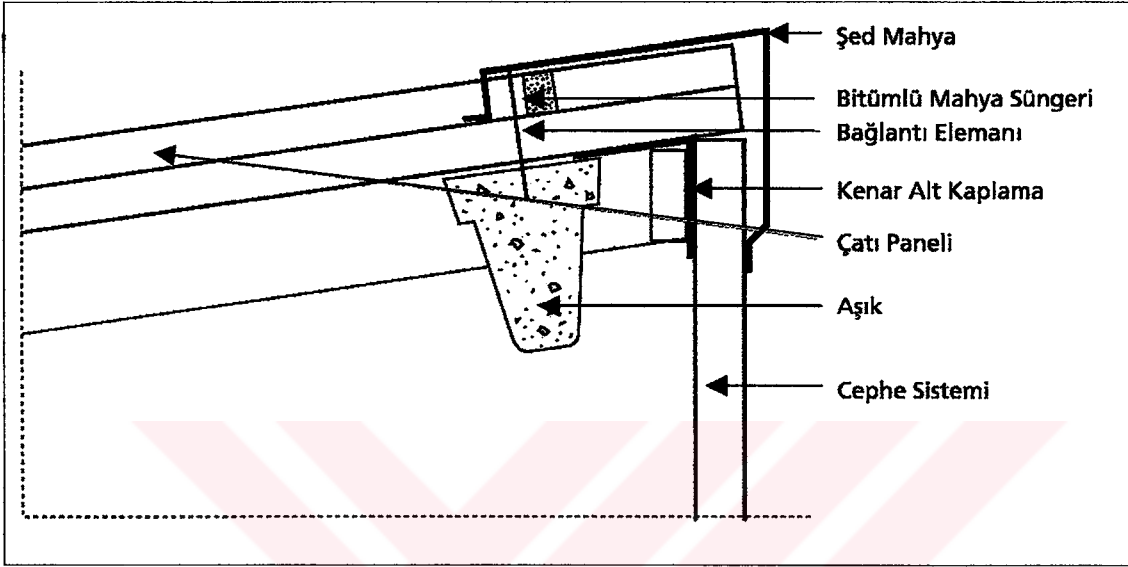


Şekil 5.22 Şed mahya (Assan, 2003)

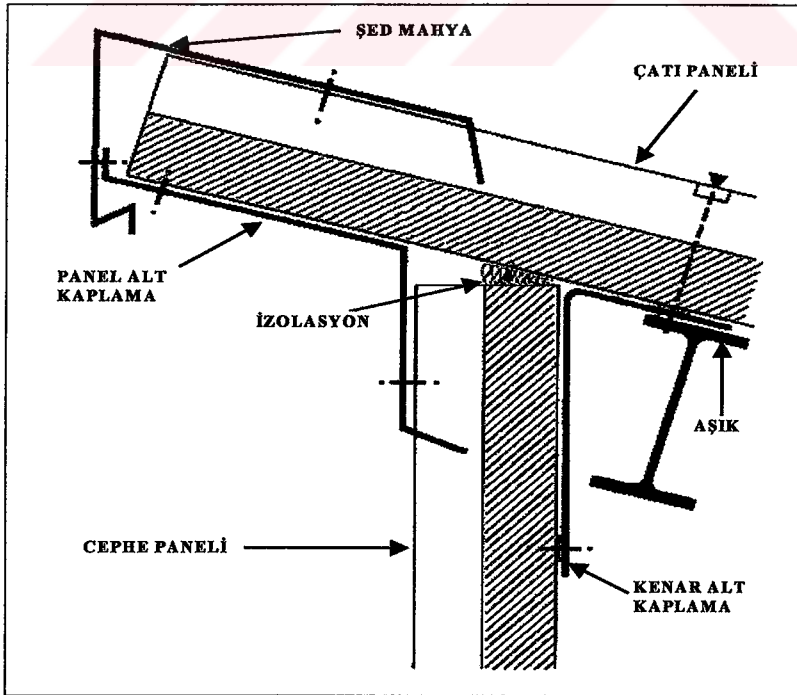
Şekil 5.22'de belirtilen Şed mahya uygulamasında taşıyıcı strüktür tarafından taşıtılan çatı paneli ile cephe sistemini örtmek için Şed mahya aksesuarı olarak adlandırılan tek bir parça kullanılmalıdır. Bu parçanın boyu genelde 15-20 cm'dir fakat 20-30 cm de olabilir.

Şed mahyanın cephe sistemini örten kısmı 15 cm kadar kıvrılır. Daha sonra şed mahyaya damlalık payı verilir ve tespiti kolaylaştıran üçüncü bir büküm yapılarak bu bükümden cephe sistemine vidalanır.

Panellerin kötü birleşimini kapatmak amacı ile iç mekanda kenar alt kapatma aksesuarı kullanılır. Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'de şed mahya uygulamasına ait örnekler gösterilmektedir.

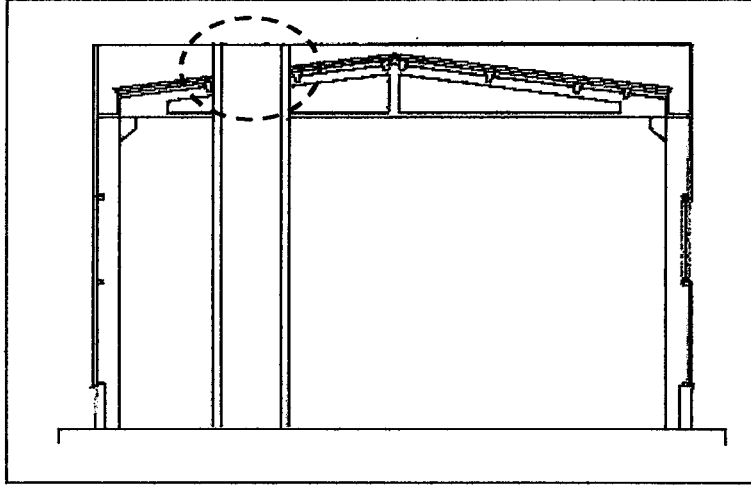


Şekil 5.23 Şed mahya detayı (Assan, 2003)



Şekil 5.24 Şed mahya detayı (Usinor, 2003)

#### 5.4.1.9 Duvar Dibi Uygulaması



Şekil 5.25 Duvar dibi (Assan, 2003)

Şekil 5.25’de belirtilen duvar dibi uygulamasında öncelikle, iç mekandan görülecek olan kötü görüntüyü engellemek amacı ile çatı paneli ile duvarın birleşim noktası kenar alt kapama aksesuarı ile kapatılır.

Taşıyıcı strüktüre bindirilen kenar alt kapama aksesuarı, üzerindeki çatı paneli ile taşıyıcı konstrüksyona vidalar yardımı ile tespit edilir.

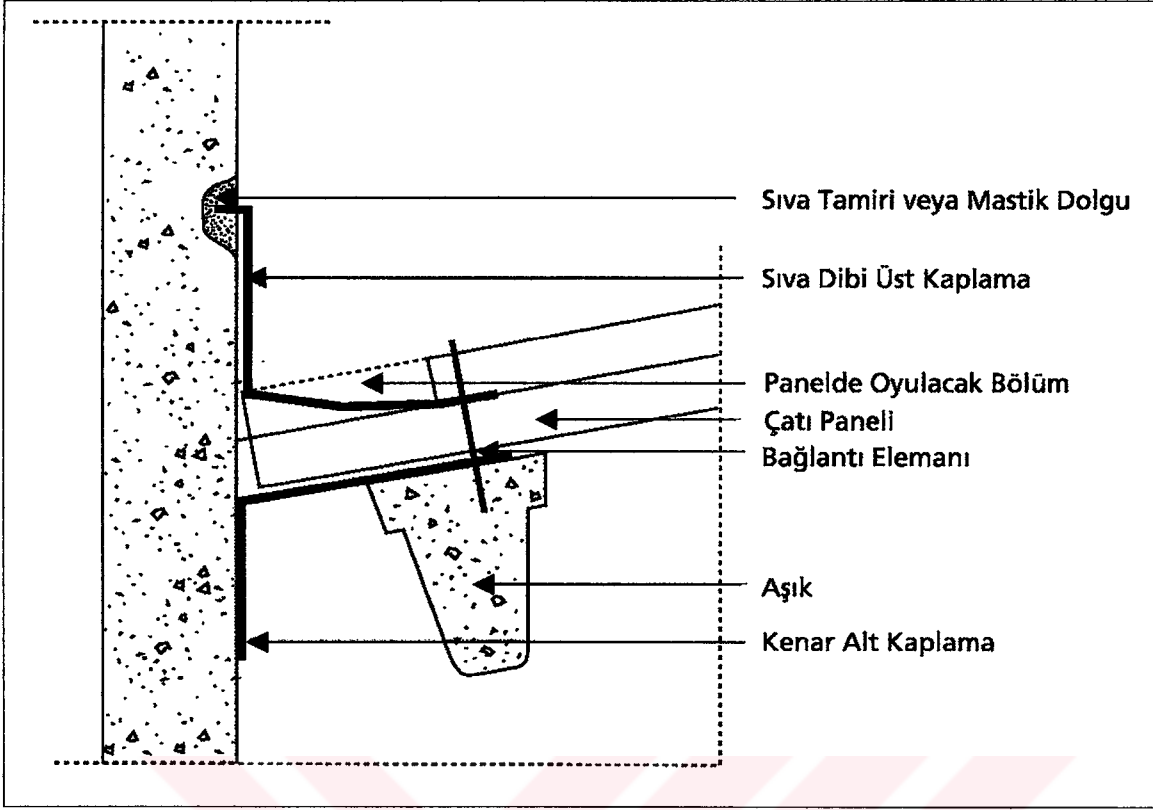
Çatı panelinin duvar ile birleşen üst kısmının belli bir bölümü oyularak boşaltılır.

Bu oyulan kısma sıva dibi üst kaplama aksesuarı yerleştirilir.

Çatı panelinin altından başlayan sıva dibi üst kaplama aksesuarı ile, suyu oluk niteliğinde taşıyabilecek, kendi içinde eğimli bir düz yüzey elde edilir.

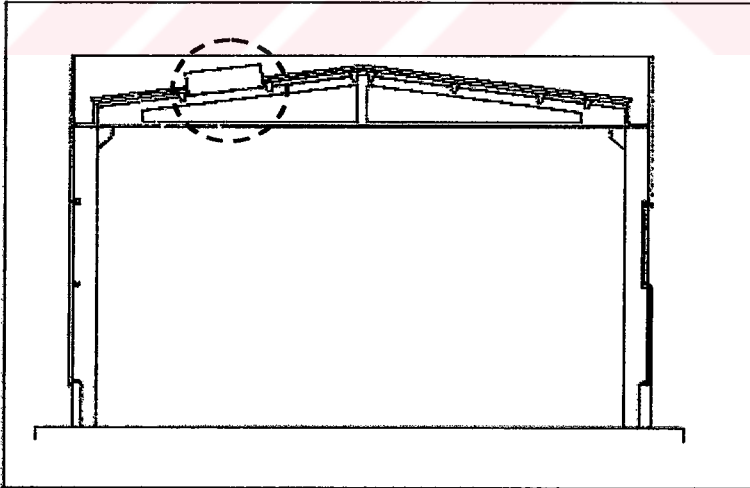
Su duvara geldiği için sıva dibi üst kaplama aksesuarının duvar yüzeyinde yükselen parçası en az 10 cm olmalıdır.

Duvar içinde bir oyuk açılarak silikon sürülür ve sıva dibi üst kaplama aksesuarının ucu kıvrılarak bu oyuğa yerleştirilir. Şekil 5.26’da duvar dibi uygulamasına ait bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 5.26 Duvar dibi uygulaması (Assan, 2003)

#### 5.4.1.10 Çatıda Işıklık Uygulaması



Şekil 5.27 Çatıda ışıklık (Assan, 2003)

Çatıdaki ışıklık elemanlarının oluşturulma yöntemlerinin seçimi, cephe elemanlarında olduğu gibi açıklıkların boyutu ve yerleşimlerinin sandviç panellerin modülleri ile olan ilişkilerine bağlıdır.

Şekil 5.27’de belirtilen, çatıdaki sandviç panel uygulamalarında kullanılan ışıklıklar, cam, cam takviyeli plastik (CTP), polikarbonat gibi değişik malzemelerden meydana gelmektedirler.

Işıklık sistemi ile panel sistemi arasında muhakkak kot farklılığı yapılır ki, yüzey farklılığından dolayı su atılabilsin.

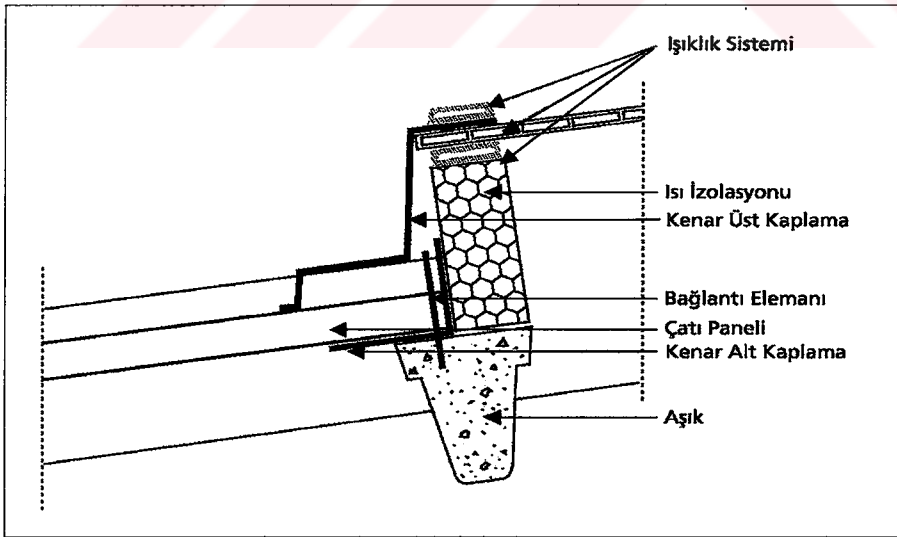
Yükseltilen kısmın açıkta kalan kenarlarına ısı izolasyonu yerleştirilerek çatı paneli bu ısı izolasyonuna dayandırılır.

Işıklık sisteminin mahya tarafında kalan kısmında bulunan çatı paneli ile ısı izolasyonun birleştiği nokta oyularak suyu oluk niteliğinde taşıyabilecek, kendi içinde eğimli bir düz yüzey elde edilir.

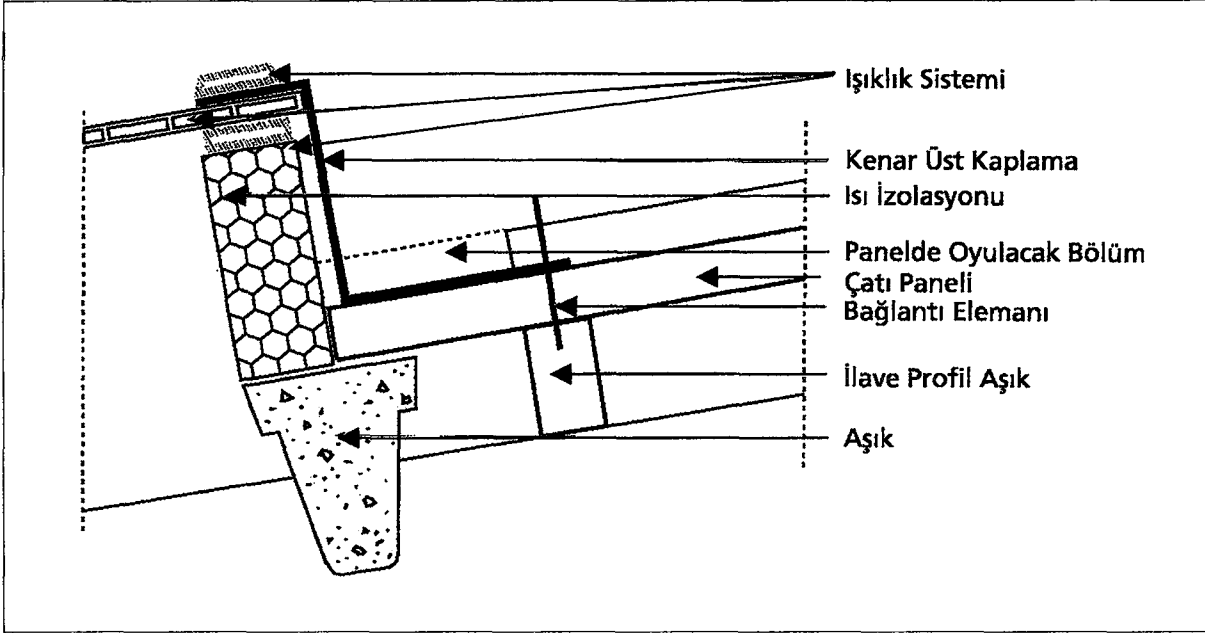
Işıklık sisteminin saçak tarafında kalan kısmında bulunan çatı panelinin üst kısmı ise kenar üst kapama aksesuarı ile kapatılır.

Kenar üst kapama aksesuarının alt ucu tespiti kolaylaştırmak için üçüncü kez kıvrılır. Üst ucu ise ışıklık sisteminin üzerine yerleştirilir.

İç mekandan görülen pürüzlü noktaları kapatmak amacı ile kullanılan kenar alt kapama aksesuarı çatı panelinin taşıyıcı konstrüksyonla birleştiği noktaya yerleştirilir. Şekil 5.28 ve Şekil 5.29’da çatıda ışıklık uygulamalarına ait örnekler gösterilmektedir.



Şekil 5.28 Panel ışıklık geçiş detayı (Assan, 2003)

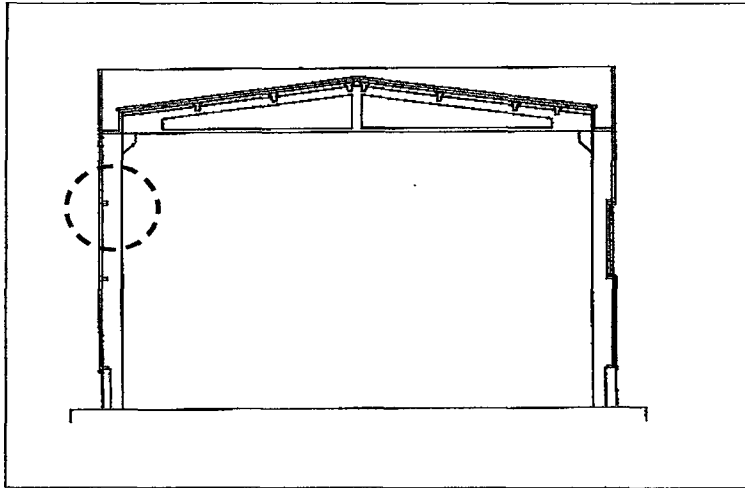


Şekil 5.29 Işıklık panel geçiş detayı (Assan, 2003)

#### 5.4.2 Cephe Uygulamaları

Cephede kullanılan sandviç panellerin yerleşim yönünü bölgede baskın olan iklim şartları belirler. Çatıda kullanılan sandviç panellerin yerleştirme yönü bölgede hakim olan iklim şartlarına bağlıdır. Paneller ana iklim yönüne ters olan yönde yerleştirilirler.

##### 5.4.2.1 Cephede Boyuna Ek Detay Uygulaması



Şekil 5.30 Cephede boyuna ek (Assan, 2003)

Şekil 5.30'da belirtilen cephede boyuna ek uygulamasında, genelde 12 metreden uzun olan cephelerde boyuna eklemeler yapılır.

Üst üste gelen iki panel arasına “Z” profil şeklinde bir cephe ek aksesuarı konur.

Cephe ek aksesuarının üst ucu, üstte kalan cephe panelinin arkasından yukarıya doğru döndürülür. Böylece suyun içeri girmesi engellenmiş olur.

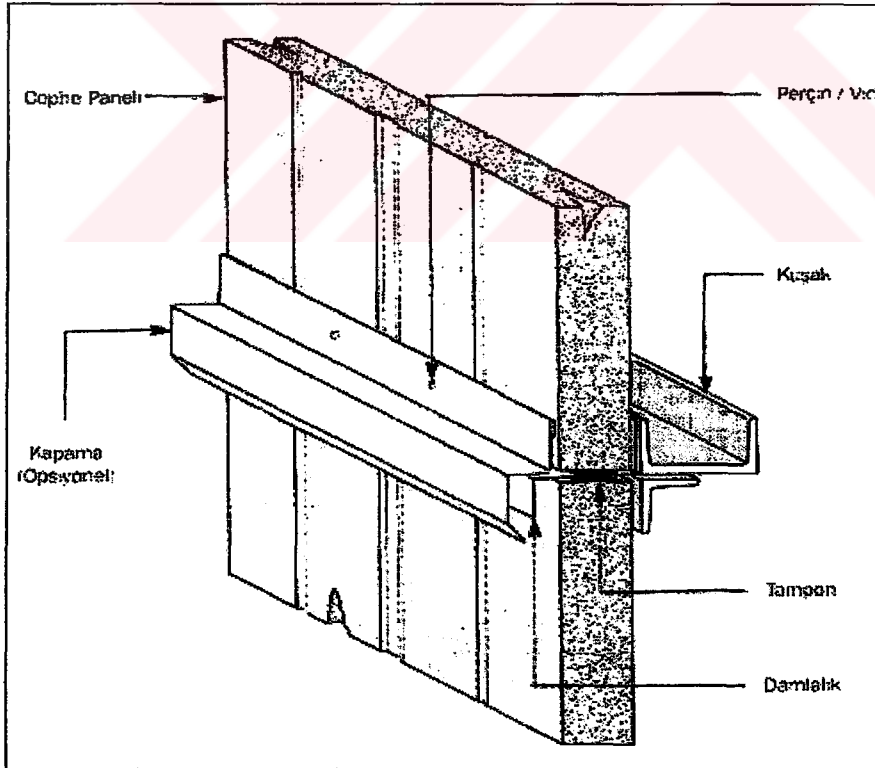
Cephe ek aksesuarının % 1 eğim gibi kendi içinde ufak bir eğime sahip olması istenir. Bu eğimi yerinde uygulamacılar yaparlar.

Eğim verilmeyen durumlarda, iki panel arasına conta yerleştirilerek sızdırmazlık sağlanmış olur.

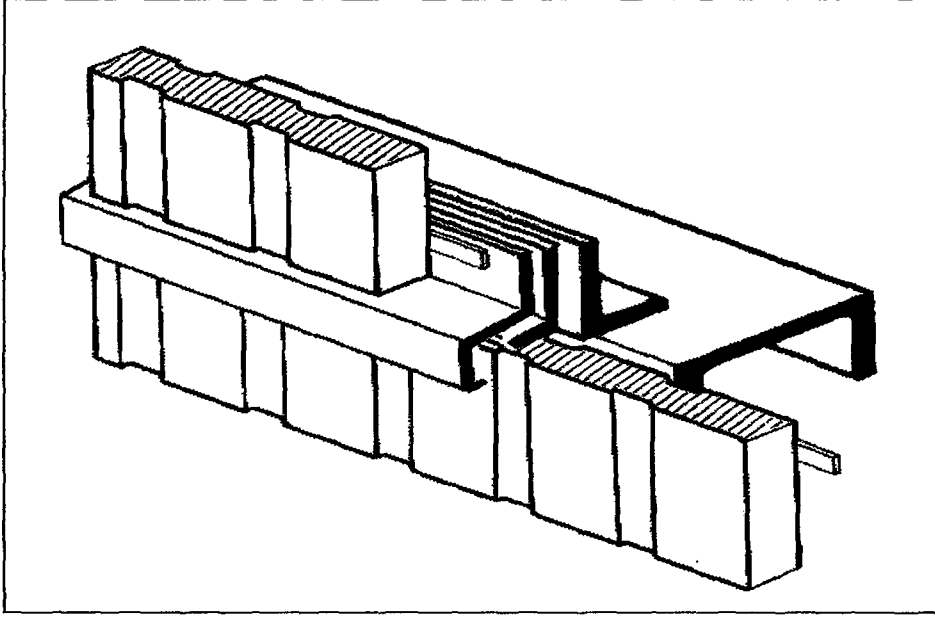
Cephe ek aksesuarı bağlantı elemanları ile cephe kuşağına tespit edilir.

Cephe ek aksesuarının alnının cephe panellerinin üst yüzeleriyle aynı hizada olmaması durumunda, istenirse bu aksesuar başka bir cephe kapatma aksesuarı ile kapatılarak estetik bir görüntü elde edilir.

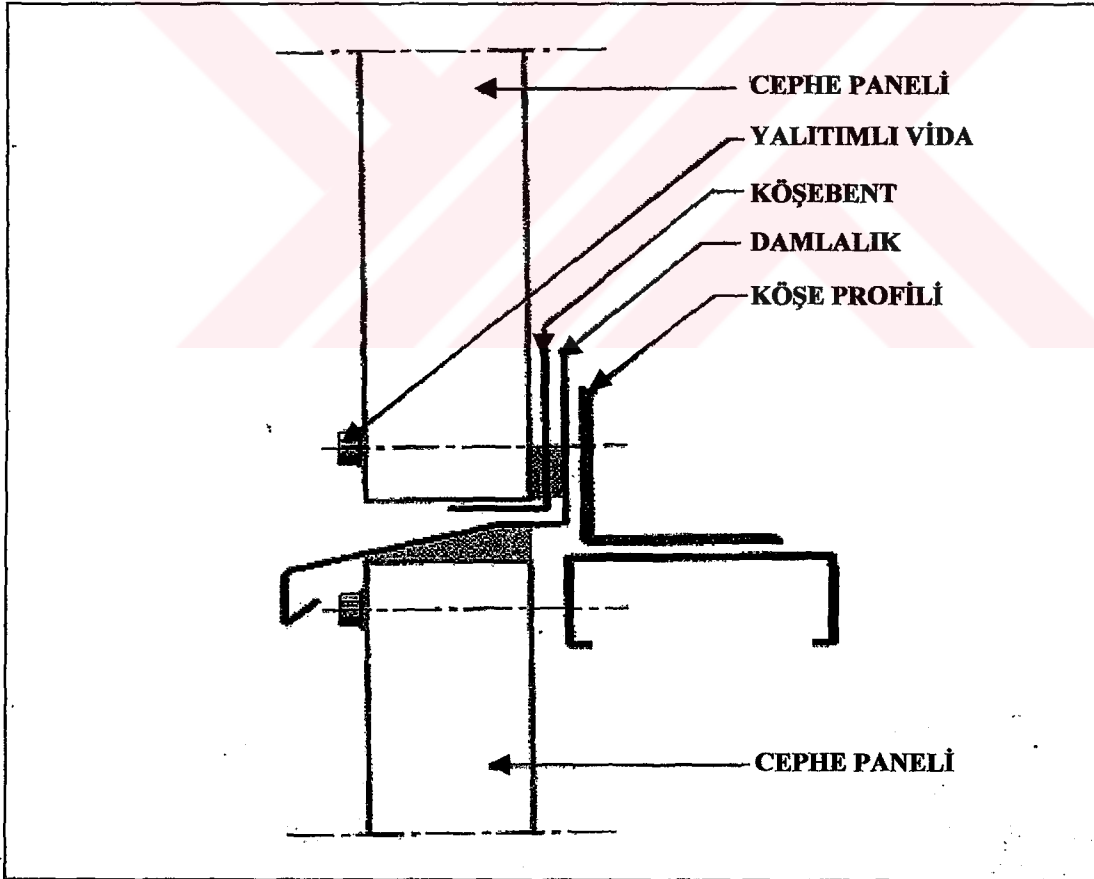
Cephe ek aksesuarının tespit edildiği cephe kuşağının yüksekliği en az 10 cm olmalıdır. Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’de cephede boyuna ek uygulamasına ait örnekler gösterilmektedir.



Şekil 5.31 Cephede boyuna ek detayı (İzopoli, 2000)

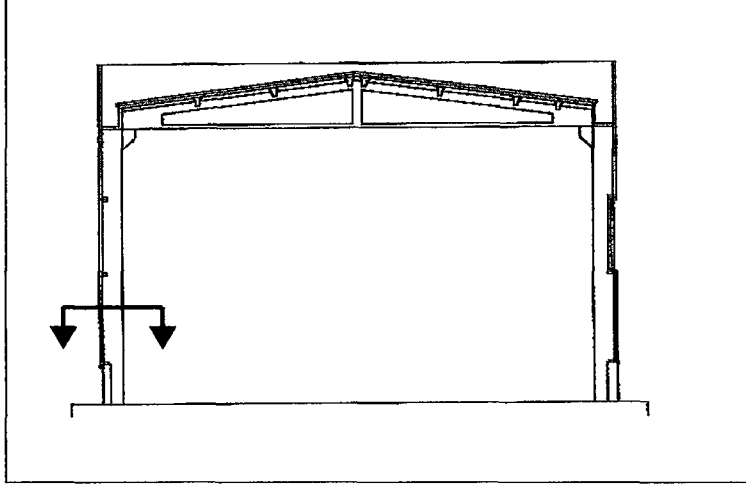


Şekil 5.32 Cephede boyuna ek detayı (Usinor, 2003)



Şekil 5.33 Cephede boyuna ek detayı (Koschade, 2002)

#### 5.4.2.2 Duvar Üzeri Alt Bitiş Uygulaması



Şekil 5.34 Duvar üzeri alt bitiş (Assan, 2000)

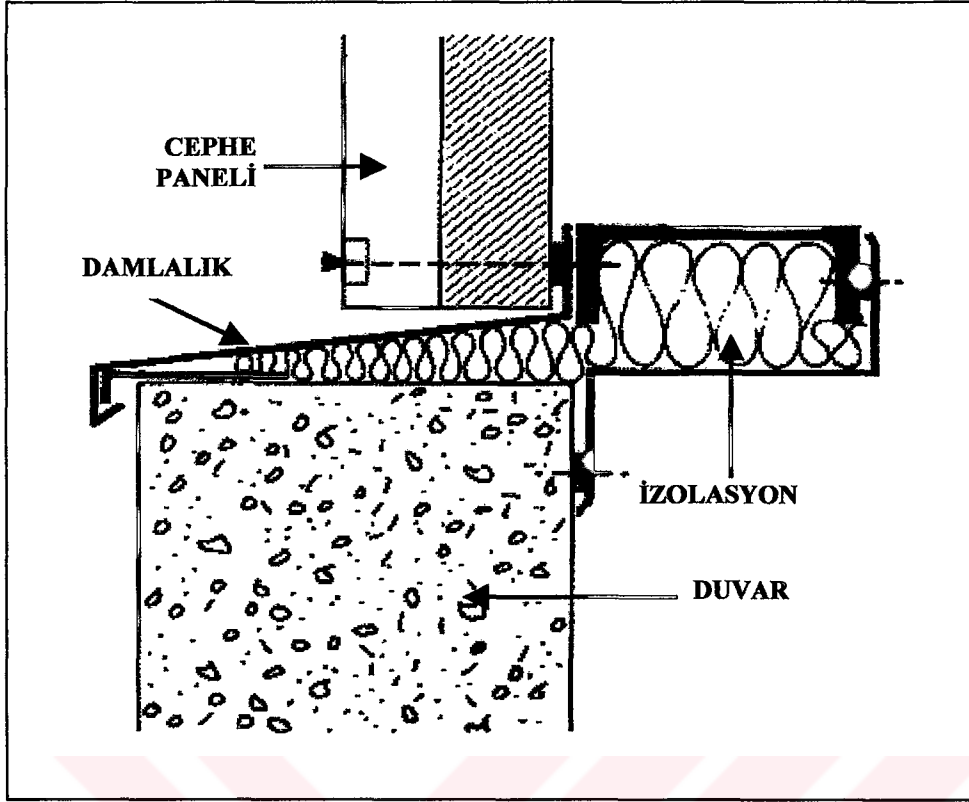
Şekil 5.34’de belirtilen duvar üzeri alt bitiş uygulamasında, duvar üzerine bindirilen cephe paneli vida ile cephe kuşağına tespit edilir.

Cephe panelinin duvar üzerinde oturduğu noktaya “Z” profil şeklindeki damlalık aksesuarı yerleştirilir.

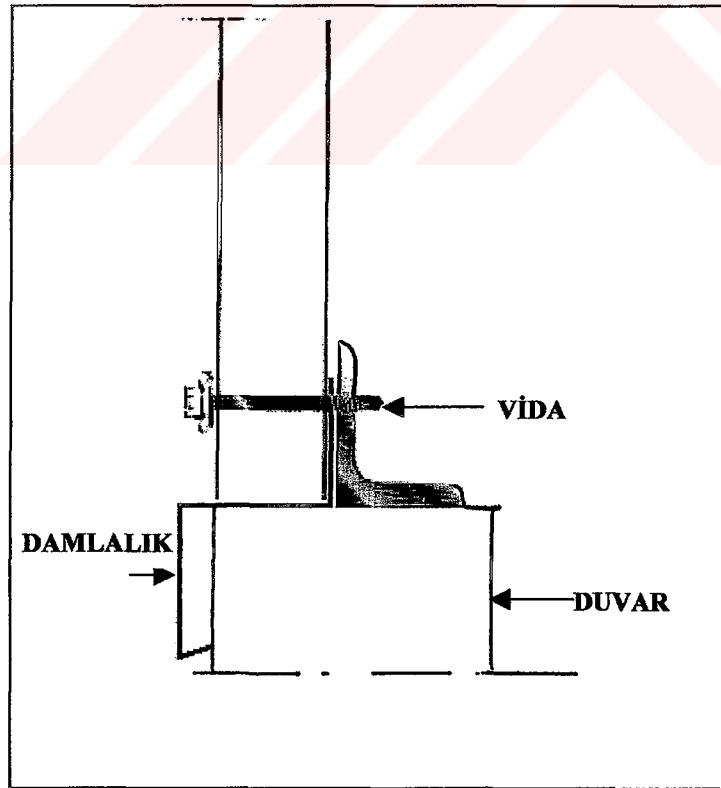
Damlalık aksesuarına suyu uzaklaştırmak için eğim verilebilir.

Damlalık aksesuarının bir kenarı cephe panelinin arkasından döndürülerek cephe kuşağına panelle birlikte tespit edilir.

Damlalık aksesuarının alt ucu suyu uzaklaştırmak amacı ile kıvrılır. Şekil 5.35 ve Şekil 5.36’da duvar üzeri alt bitiş uygulamasına ait örnekler gösterilmektedir.

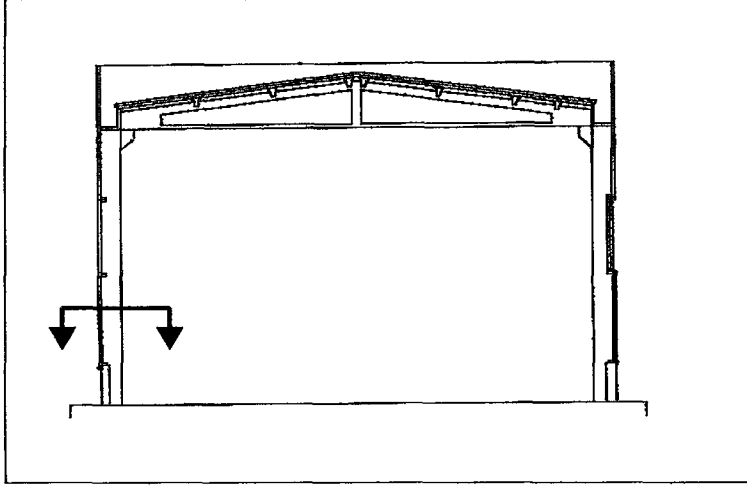


Şekil 5.35 Duvar üzeri alt bitiş detayı (Usinor, 2003)



Şekil 5.36 Duvar üzeri alt bitiş detayı (Metalform)

### 5.4.2.3 Duvar Önü Alt Bitiş Uygulaması



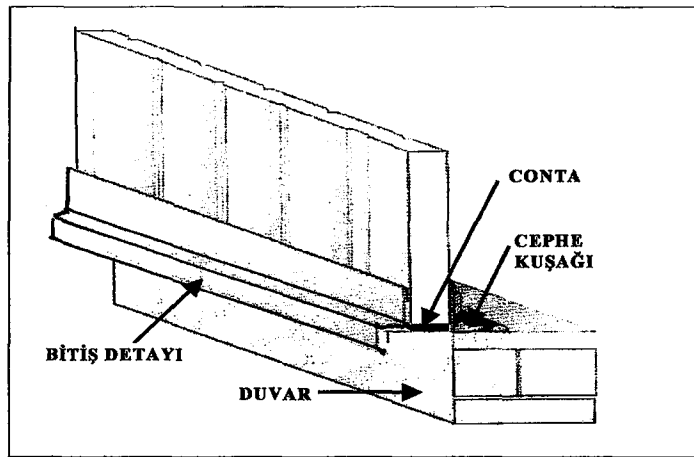
Şekil 5.37 Duvar önü alt bitiş (Assan, 2000)

Şekil 5.37’de belirtilen duvar önü alt bitiş uygulamasında taşıyıcı strüktür duvarın köşe noktasına yerleştirilir.

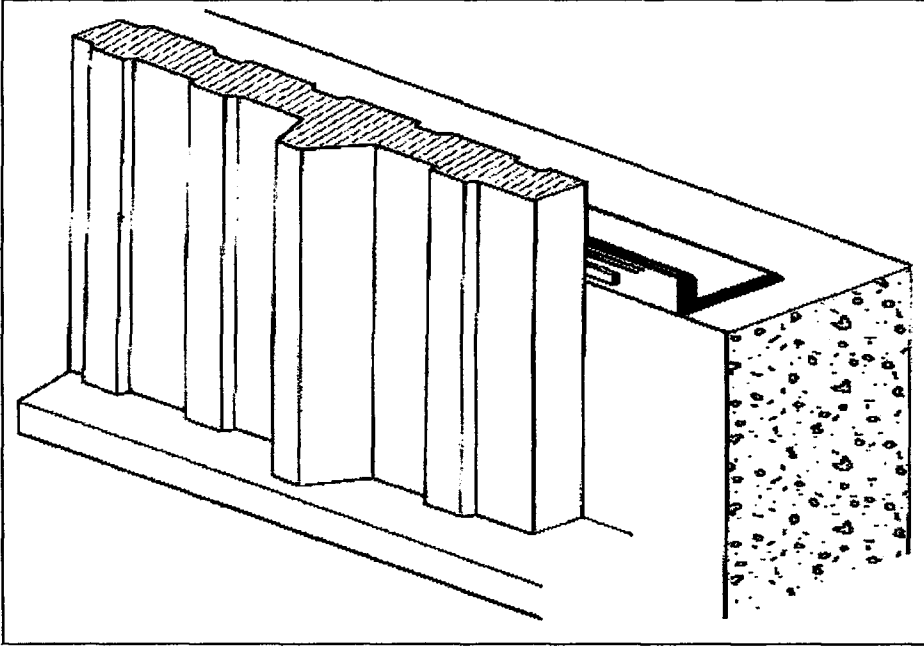
Cephe paneli duvarın üzerine değil, önüne yerleştirilir.

Kullanılan “Z” profil şeklindeki damlalık aksesuarının üst kenarı cephe panelinin arka kısmından döndürülerek vida ile cephe kuşağına tespit edilir.

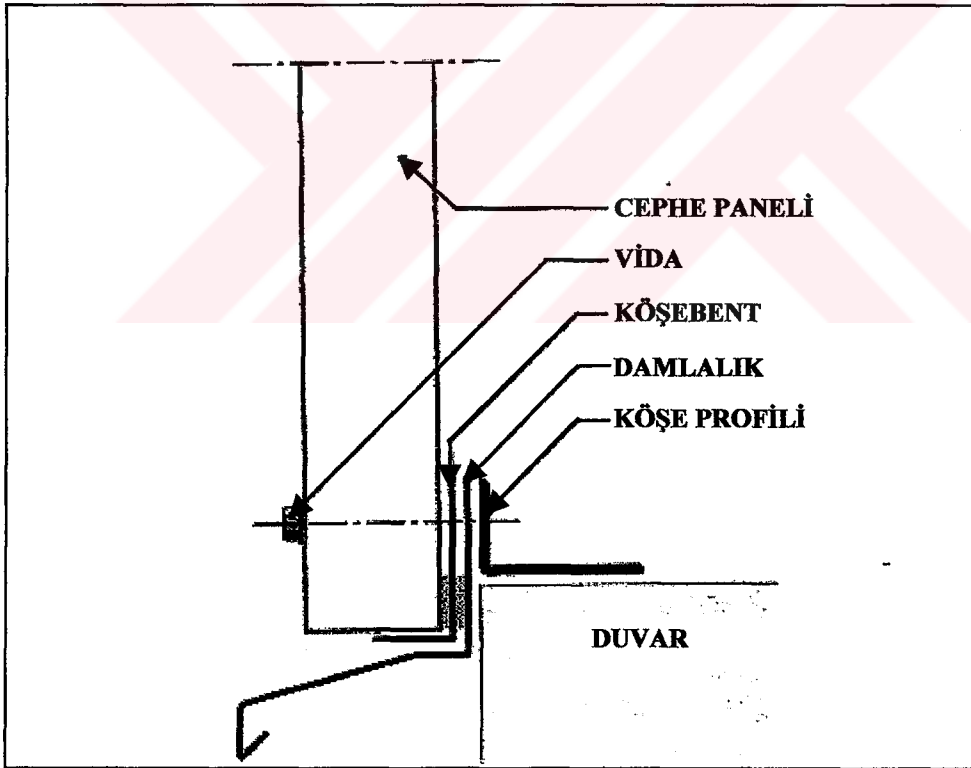
“Z” profil şeklindeki damlalık aksesuarının alt kenarı kıvrılarak tespiti kolaylaştırılır. Şekil 5.38, Şekil 5.39, Şekil 5.40 ve Şekil 5.41’de duvar önü alt bitiş uygulamalarına ait örnekler gösterilmektedir.



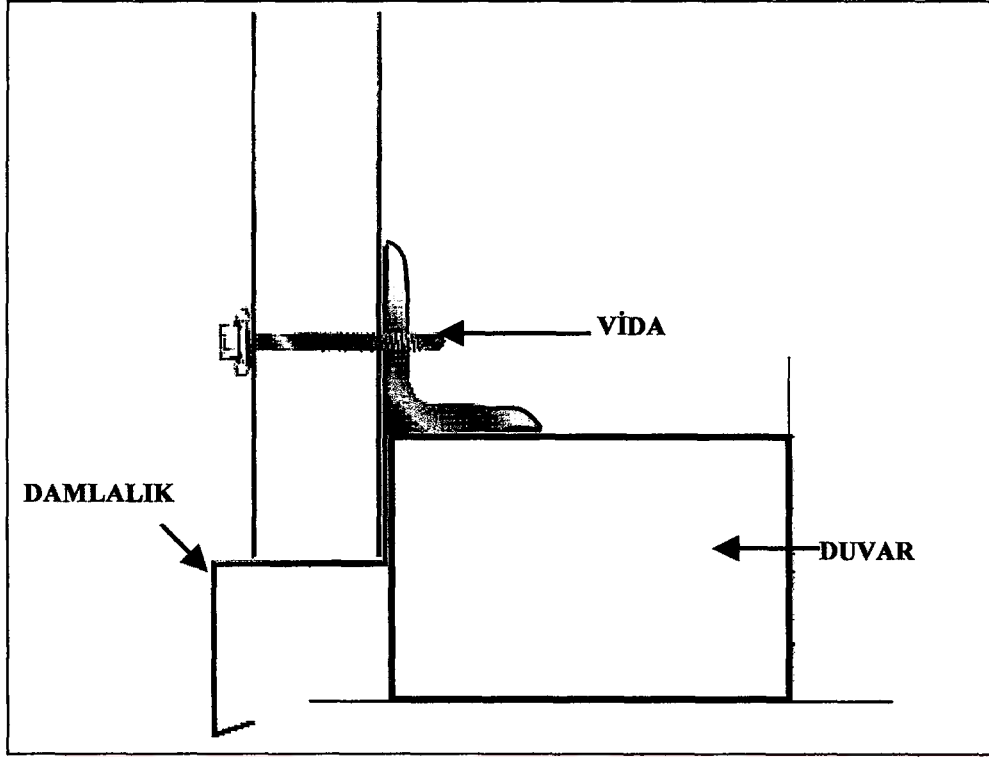
Şekil 5.38 Duvar önü alt bitiş detayı (Metalform)



Şekil 5.39 Duvar önü alt bitiş detayı (Usinor, 2003)

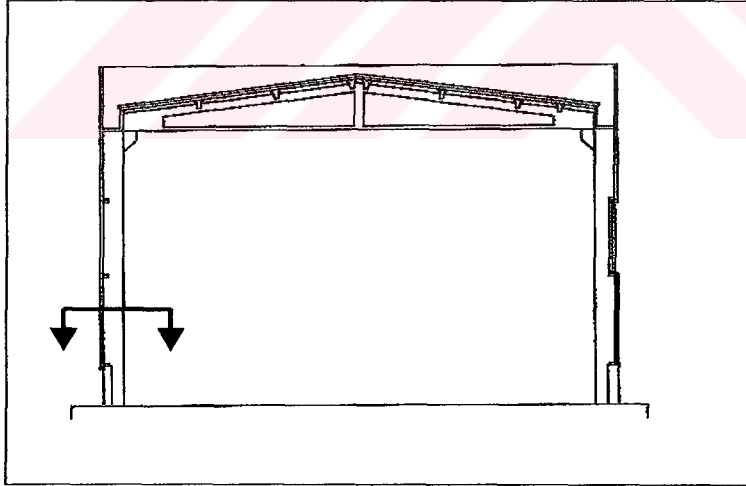


Şekil 5.40 Duvar önü alt bitiş detayı (Koschade, 2002)



Şekil 5.41 Duvar önü alt bitiş detayı (Metalform)

#### 5.4.2.4 Cephe Köşe Birleşim Uygulaması



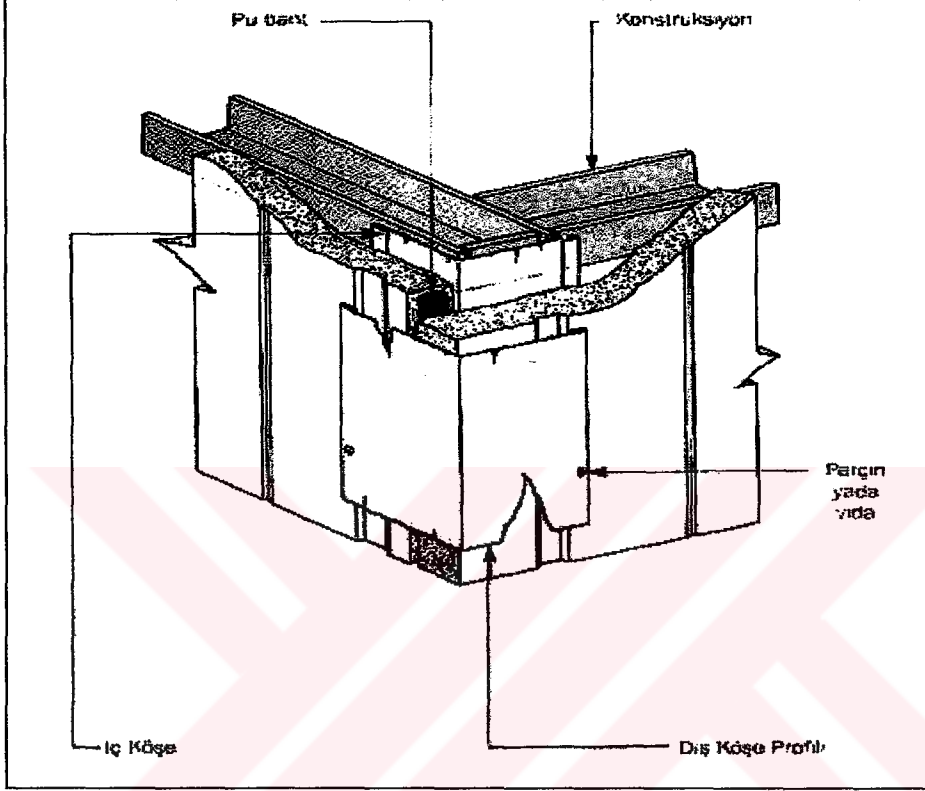
Şekil 5.42 Cephe Köşe Birleşim (Assan, 2000)

Şekil 5.42’de belirtilen cephe köşe birleşim uygulamasında cephe panelleri eğer dışbükey köşede birleşiyorsa bu köşe noktasına ısı izolasyonu yerleştirilir. İç bükey köşe uygulamalarında ısı izolasyonu uygulanmaz.

Cephe panellerinin birleştiği iç köşede oluşan pürüzlü noktaları kapatmak ve su yalıtımını sağlamak amacı ile, bu noktada L profil biçimli iç köşe kaplama aksesuarı kullanılır.

Dış köşede ise dış köşe kaplama aksesuarı kullanılır.

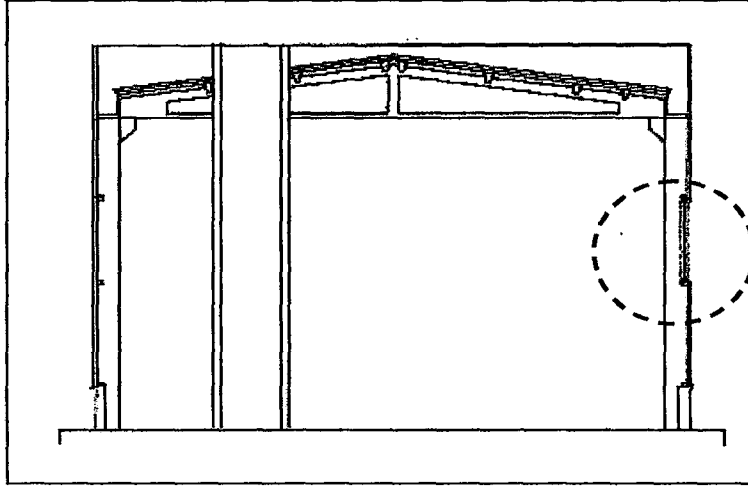
İç köşe kaplama aksesuarı vida ile cephe kuşağına tespit edilirken, dış köşe kaplama aksesuarı vida ile cephe paneline tespit edilir. Şekil 5.43, Şekil 5.44 ve Şekil 5.45’de cephe köşe birleşim uygulamalarına ait örnekler gösterilmektedirler.



Şekil 5.43 Cephe köşe birleşim detayı (İzopoli, 2000)



### 5.4.2.5 Panel - Pencere Birleşim Uygulamaları



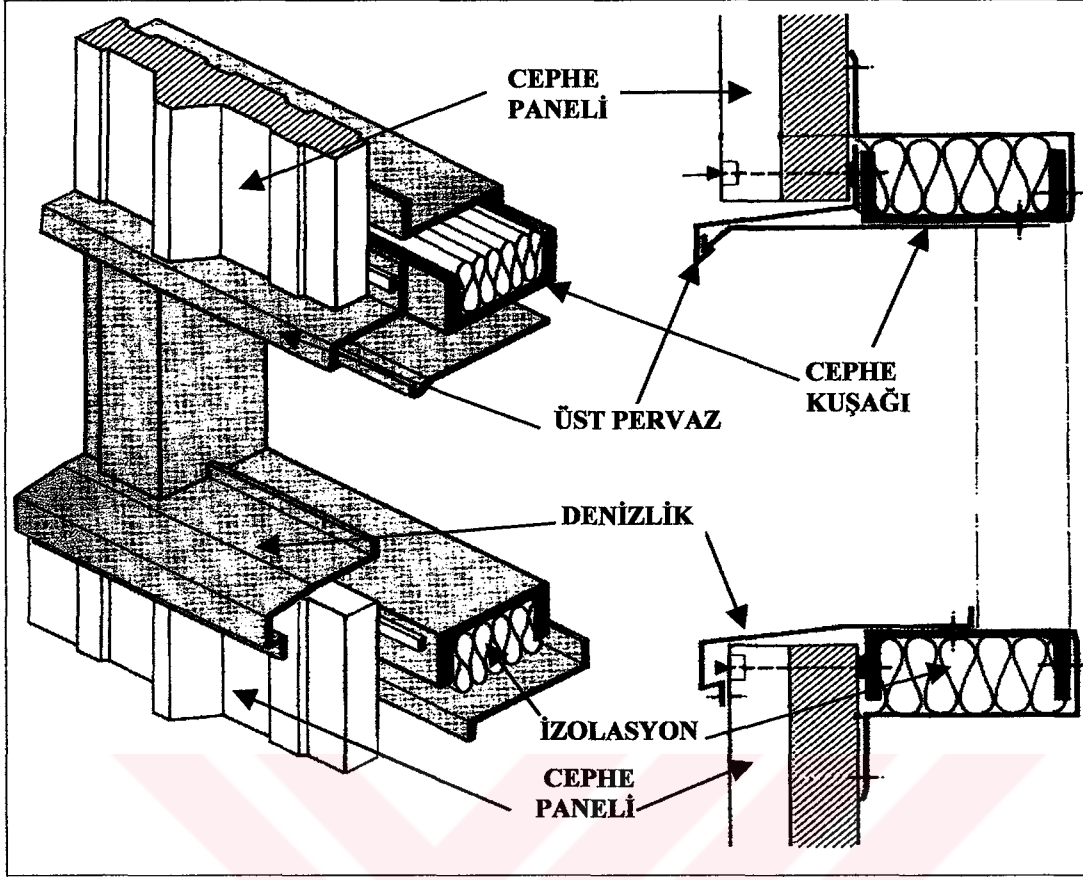
Şekil 5.46 Panel - Pencere Birleşim (Assan, 2000)

Çatıdaki ve cephedeki açıklıklar için iki türüdürler. Bunlar;

- Strüktürel desteklerle birleşen açıklıklar
- Uygun aletlerle, sandviç panel yerleşiminden daha sonra açılan açıklıklar

Strüktürel desteklerle birleşen açıklıklarda, panel pencere birleşimin safhaları aşağıdaki gibidir;

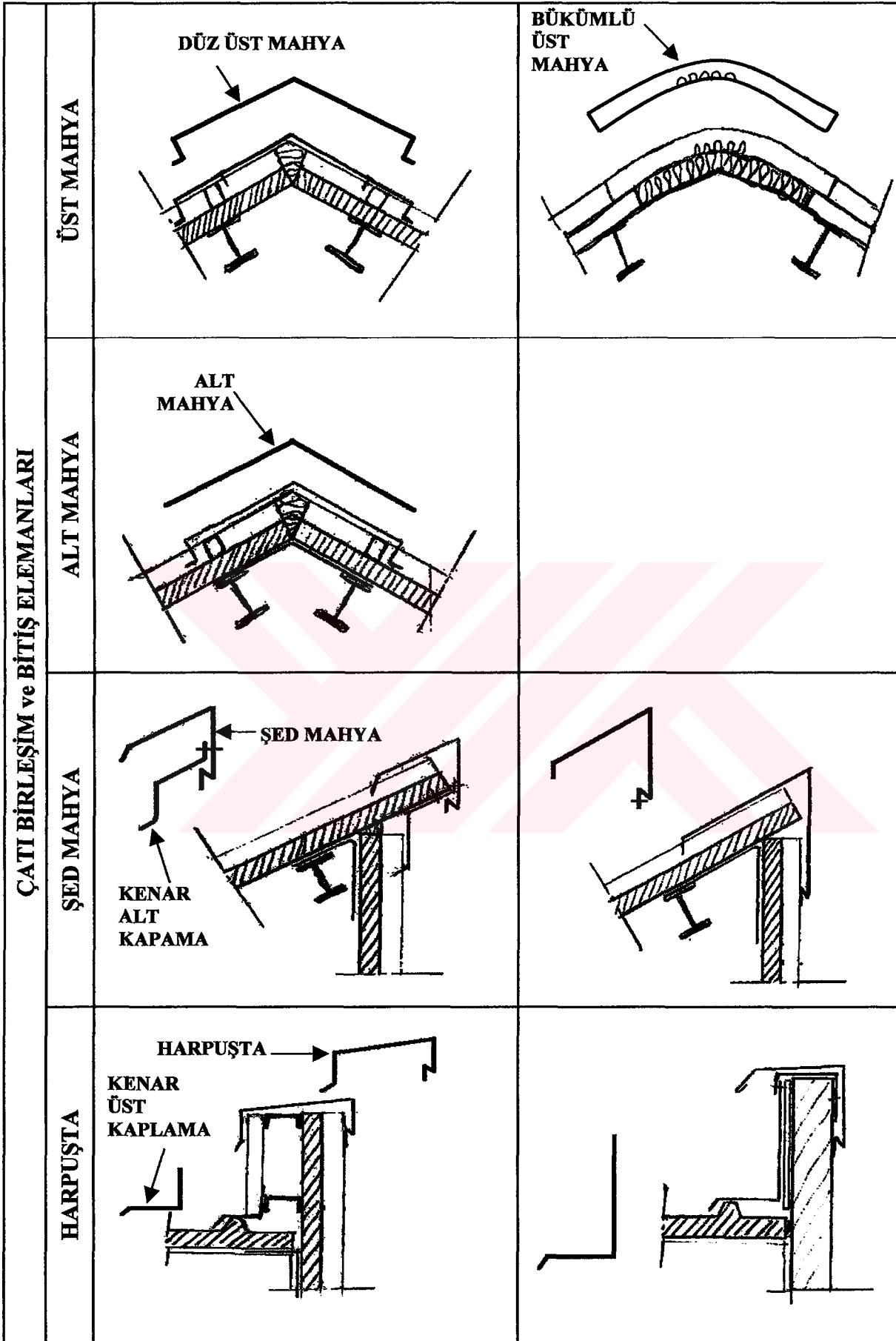
- Şekil 5.46'da belirtilen panel - pencere birleşiminde öncelikle doğramanın monte edileceği strüktür hazırlanır
- Strüktüre bağlı olan bir çerçeve döndürülür ve montajı yapılır.
- Daha sonra paneller monte edilmeye başlanır. Paneller çerçeve hizasında kesilir.
- Aksesuarlar çerçeveye tespit edilir. Sandviç panellerin çerçeve hizasında kesilen kısımları yan pervaz aksesuarları kör kasalara tespit edilirler. Üst detayda "Z" profil şeklindeki üst pervaz aksesuarının bir ucu panelin arkasından döndürülür ve bağlantı elemanı ile taşıyıcı aksesyara tespit edilir. Alt detayda ise denizlik profilinin bir ucu döndürülerek kör kasaya tespit edilir.
- Doğramalar monte edilir. Şekil 5.47'de panel pencere birleşim uygulamasına ait bir örnek gösterilmektedir.



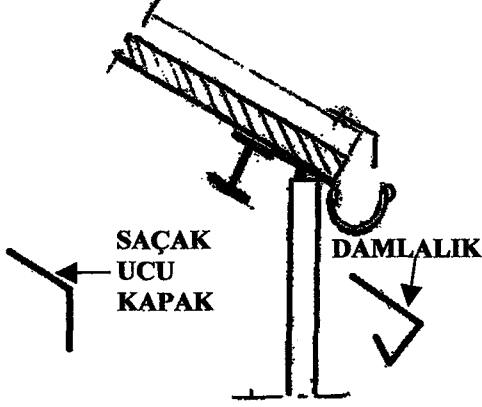
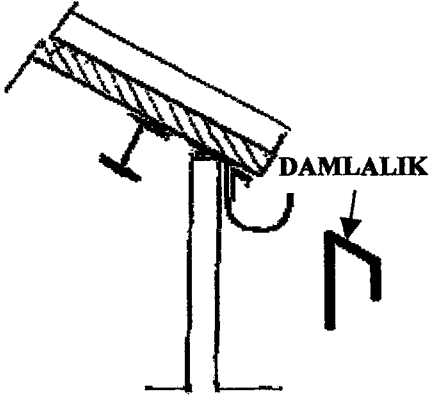
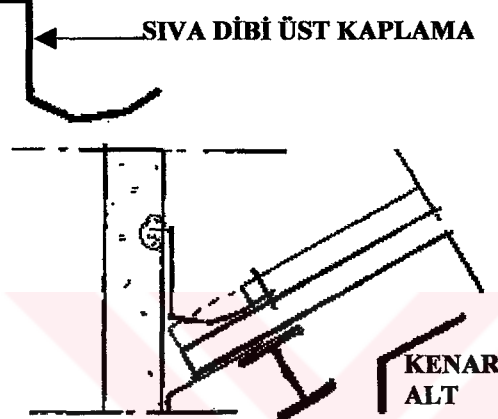
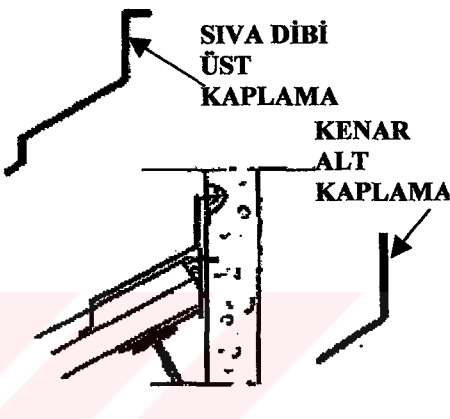
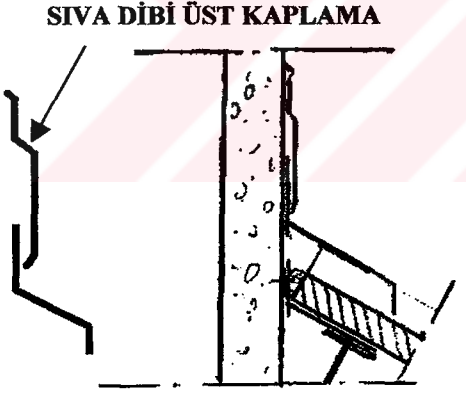
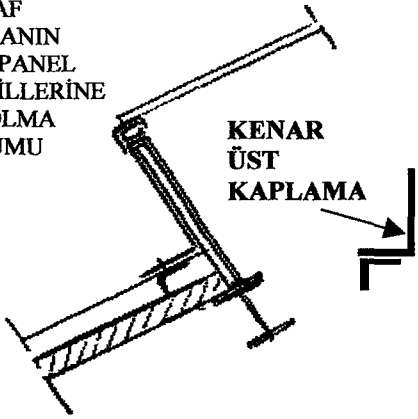
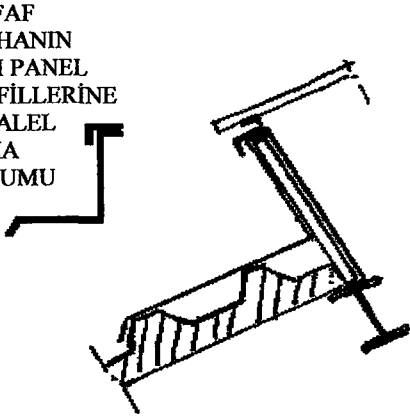
Şekil 5.47 Panel-pencere birleşim detayı (Usinor, 2003)

### 5.5 Sandviç Panellerin Birleşim ve Bitiş Noktalarında Kullanılan Elemanlar

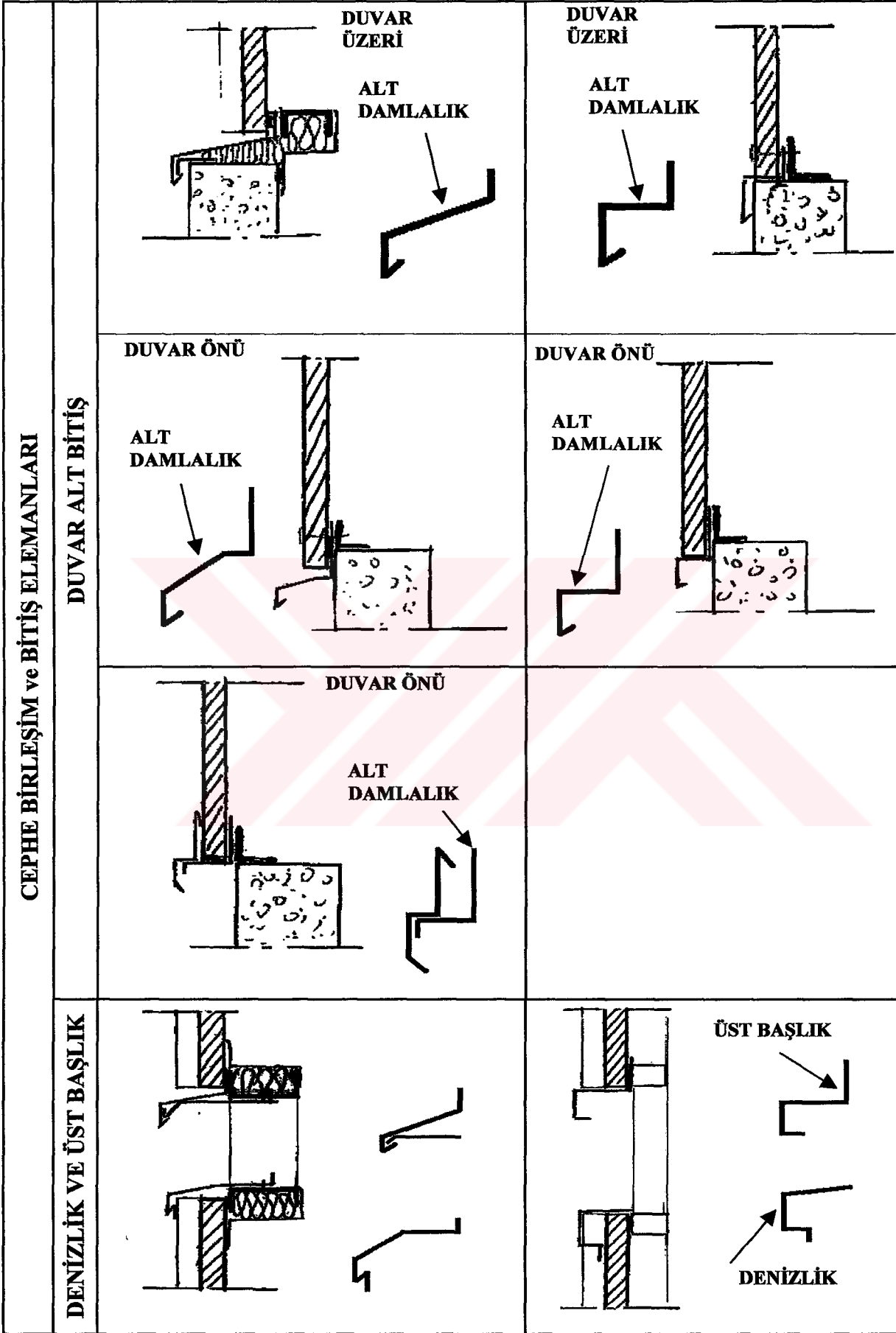
Yapı dış kabuğunda kullanılan sandviç panellerin birleşim ve bitiş noktalarında kullanılan birleşim ve bitiş elemanları yapıların estetik özelliklerini arttırmalarının yanında yalıtım özelliklerini arttırmada da önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu elemanların türleri, yapı dış kabuğunda kullanılan bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Birleşim ve bitiş elemanlarının geniş bir boy ve renk seçeneği bulunmaktadır. Yapı dış kabuğunda, sandviç panel birleşim ve bitiş noktalarında kullanılan elemanlar Şekil 5.51’de gösterilmektedirler. Çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar Şekil 5.48’de; cephe birleşim ve bitiş noktalarında kullanılanlara ait detaylar Şekil 5.49’da ve de cephe-çatı birleşim noktalarında kullanılan birleşim elemanları detayları ise Şekil 5.50’de verilmiştir.



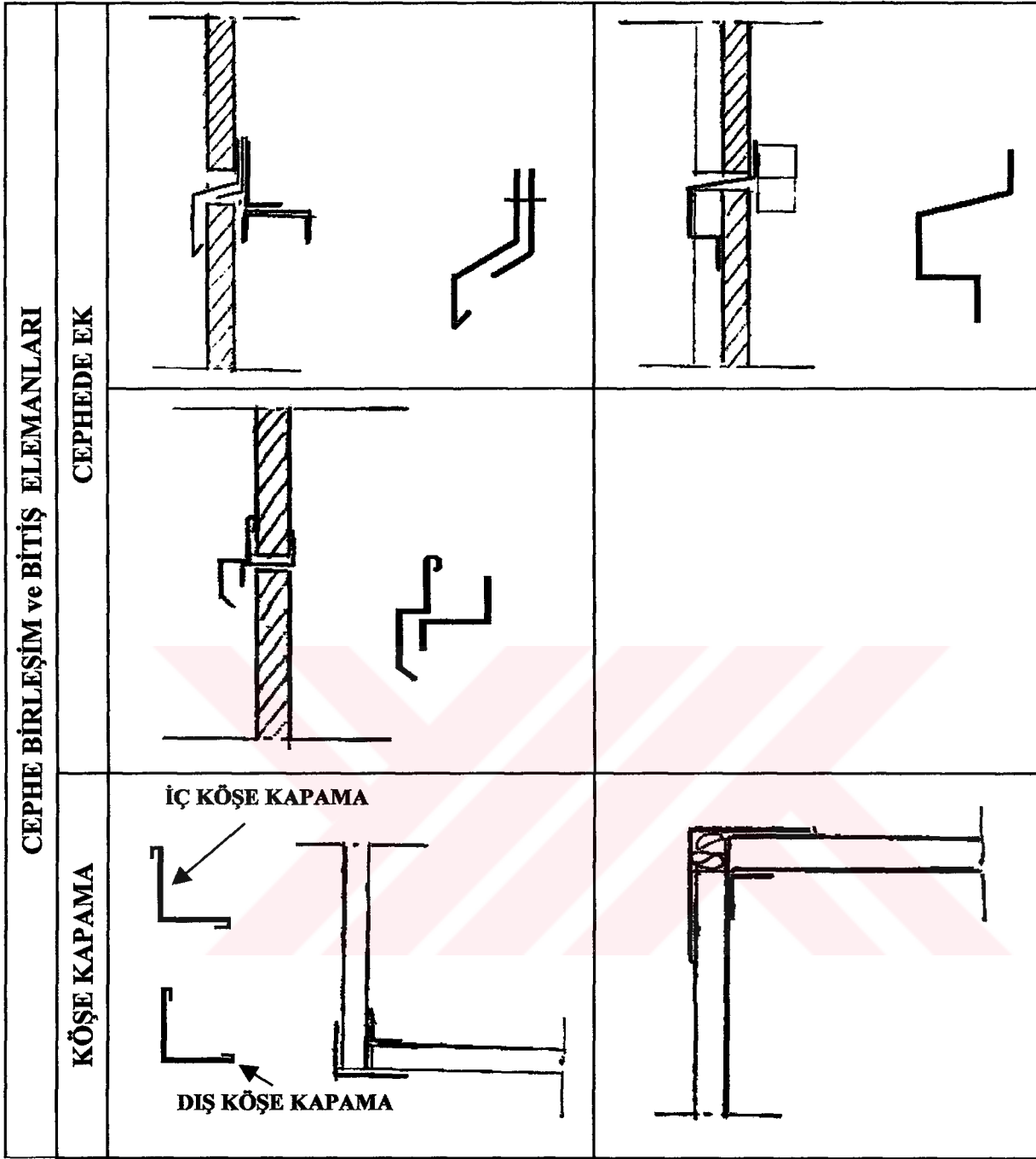
Şekil 5.48 Çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar

ÇATI BİRLEŞİM ve BİTİŞ ELEMANLARI	SAÇAK UCU	 <p>SAÇAK UCU KAPAK</p> <p>DAMLALIK</p>	 <p>DAMLALIK</p>
	BACA BİTİŞİ	 <p>SIVA DİBİ ÜST KAPLAMA</p> <p>KENAR ALT KAPLAMA</p>	 <p>SIVA DİBİ ÜST KAPLAMA</p> <p>KENAR ALT KAPLAMA</p>
		 <p>SIVA DİBİ ÜST KAPLAMA</p>	
	IŞIKLIK	<p>ŞEFFAF LEVHANIN ÇATI PANEL PROFİLLERİNE DİK OLMA DURUMU</p>  <p>KENAR ÜST KAPLAMA</p>	<p>ŞEFFAF LEVHANIN ÇATI PANEL PROFİLLERİNE PARALEL OLMA DURUMU</p>  <p>KENAR ÜST KAPLAMA</p>

Şekil 5.48 (Devamı) Çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar



Şekil 5.49 Cephe birleşim ve bitiş noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar



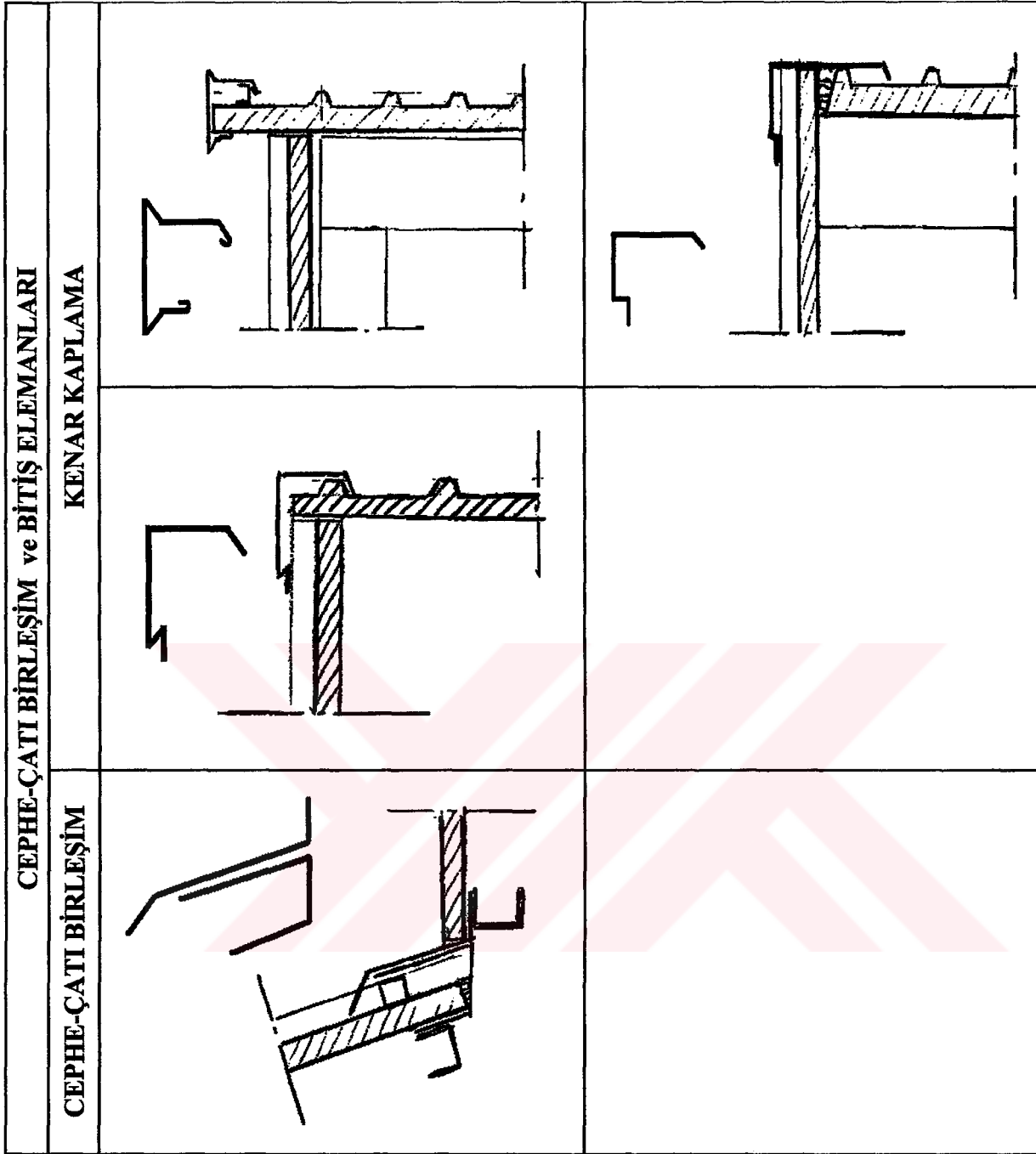
Şekil 5.49 (Devamı) Cephe birleşim ve bitiş noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar

### 5.6 Sandviç Panelin Yükleme ve İndirmesi Sırasında Alınması Gereken Önlemler

Sandviç panellerin yükleme ve indirmesi sırasında panellerin zarar görmemesi amaçlanmaktadır.

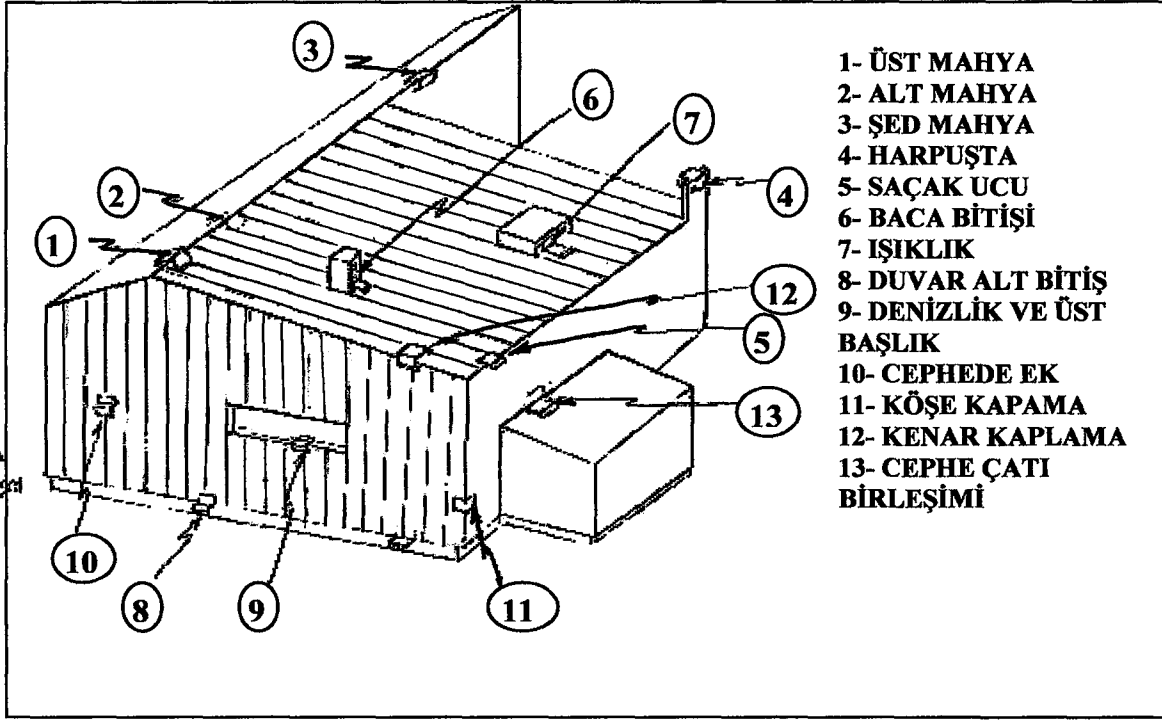
Sandviç panel yükleme ve indirmesi sırasında alınması gereken önlemler aşağıdaki gibidir:

- Yükleme–indirme esnasında mutlaka naylon, bez ya da kauçuk esaslı sapanlar kullanılmalıdır.



Şekil 5.50 Cephe-çatı birleşim noktalarında kullanılan elemanlara ait detaylar

- Uzun boylarda yük dağıtıcı bir düzenek kullanılmalı, sapanların panel kenarlarını ezmesine müsaade verilmemelidir.
  - İndirmede çelik hala, zincir ya da benzeri elemanlar kullanılmamalıdır.
  - Paneller uygun sapanların geçebileceği aralıklar ile istiflenmeli ve sevk edilmelidir.
- (Konti, 2003)



Şekil 5.51 Yapı dış kabuğunda kullanılan birleşim ve bitiş elemanları

### 5.7 Sandviç Panelin Depolanması Sırasında Alınması Gereken Önlemler

Sandviç panellin depolanması sırasında alınması gereken önlemler aşağıdaki gibidir:

- Paneller, düz, sert ve temiz bir yerde toz, çimento, kireç ve alçı taşından korunarak muhafaza edilmedir.
- Üstüste istiflemeye alt destek araları 150 cm' den geniş olmamalıdır. Uygun koşullarda ve kısa süreli beklemede en fazla üç paket üstüste konulabilir. Tavsiye edilen iki paketten fazla istif yapılmamasıdır.
- Kapalı deponun olmadığı yerde paneller eğimli olarak istiflenmeli, arada su toplanmasına izin verilmemelidir. Arada biriken sular oksidasyona neden olacağından, paneller serbest hava dolaşımli bir ortamda kurumaya bırakılmalıdır.
- Panellerin üstleri yağmur ve güneşe karşı örtülmelidir. (İzopoli, 2003)

Pek çok durumda, saklama, taşıma ve yerleştirme anında yüzey hasarının oluşacağı göz önüne alınarak, yüzeyin zarar görmemesi için gerekli önlemlerin alınması uygun olacaktır. Uygun paketlemenin yapılmasına ve nem emici paketleme elemanlarının kullanılmasına dikkat edilmelidir. Gerekli durumlarda, yüzey çiziminin önüne geçmek için malzeme PVC film katmanıyla kaplanmalıdır. (Şenal, 2004)

## **BÖLÜM 6. YAPI DIŞ KABUĞUNDA KULLANILACAK ve KULLANIM ALANINA EN UYGUN SANDVIÇ PANELİN SEÇİMİ**

Endüstri Devrimi ile başlayan modern mimarlık, beraberinde yeni yapı ürünlerini getirmiştir. Bu dönemde, türü, üretim ve tüketim şekli değişen yapı ürünlerinin nitelik ve niceliğinde artış olmuştur. Bu artış, tasarımcıları çoğu zaman karar verme aşamasında zor durumda bırakmaktadır. Günümüzde, sandviç panellerle tanışan yapı kabuklarının tasarımında tasarımcılar, kullanılacak sandviç paneller hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve ellerindeki bilgileri verimli bir şekilde kullanamadıkları için oldukça zorlanmaktadırlar.

Yapı kabuğunda kullanılacak olan sandviç panellerin doğru seçilmemesi, sandviç panellerin kullanım amaçlarını yitirmelerine yol açar. Yapı kabuğunda kullanım alanına uygun olmayan sandviç panel seçimi, tasarımcılar, kullanıcılar, çevre ve ekonomi açısından olumsuz etkiler oluşturur. Bu sebepten dolayı takip eden bölümlerde, bu zorlukları ortadan kaldırmayı amaçlayan bir model oluşturulacaktır.

### **6.1 Modelin Amacı**

Bu bölümde yapılacak olan modelleme ile tasarımcılar, fonksiyonel olarak kullanım alanına en uygun sandviç panelleri seçebileceklerdir. Doğru sandviç panellerin seçimi ile, süre, ekonomi, işlevsellik, çevre korunumu gibi, amaçlanan kazanımlara ulaşılabilecektir.

### **6.2 Modelin Bileşenleri**

Bu çalışmada kullanılacak olan modeli, kısıtlamalar, parametreler, değişkenler ve modele ait formülasyondan oluşan bileşenler oluşturmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde kurulan modele ait bileşenler ele alınacaktır.

#### **6.2.1 Kısıtlamalar**

Kullanılacak olan modelde, malzemeler sadece fiziksel, mekanik, ekonomik ve estetik özelliklerine göre karşılaştırılmaktadırlar ve bu karşılaştırmayı yaparken belli sayıda kriter göz önüne alınmaktadır.

Ortaya konulan model, karşılaştırılan her bir malzeme için bir performans göstergesi vermektedir; ancak bu gösterge bu malzemenin modelde karşılaştırıldığı diğer malzemeye göreceli olarak aldığı performans değeridir; eğer bu malzeme başka bir malzemeyle karşılaştırılırsa aynı performans değerini alamayabilmektedir.

### 6.2.2 Parametreler

Parametrelerin, bir modelin işletilmesi için gerekli olan ana değişkenler oldukları söylenebilir. Kullanılacak olan modeldeki parametreler, kullanım alanı ve karşılaştırılacak olan malzeme türleridir. Kullanım alanının parametre olarak ele alındığı durumlarda, seçilecek olan malzemelerde aranacak olan özelliklerin oluşturduğu performans gruplarının önem dereceleri de kullanım alanına göre değişiklik göstermektedir.

### 6.2.3 Değişkenler

Modeldeki değişkenler parametre ya da parametrelere göre değişiklik gösterirler. Kullanılacak olan modeldeki değişkenler, gruplandırılmış olan performanslara ve her performans grubunun alt bileşenlerine verilen önem katsayılarıdır.

### 6.2.4 Modelleme

Modelleme, modelin sonucunu oluşturmak üzere modelin girdilerini bir araya getirerek işleyen işlemler topluluğudur.

Kullanılacak olan modellemede, öncelikle uygulama alanına bağlı olarak, kullanılacak olan malzemede aranacak olan özellikler belirlenir. Bu malzeme özellikleri, bu özelliklerin sahip olduğu değerlerin de bulunduğu çizelgeler haline dönüştürülür. Daha sonra, kullanılacak olan sandviç paneller sahip oldukları malzeme özelliklerine göre fiziksel, mekanik, estetik ve ekonomik olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Alt performans grupları belirlenen malzemelerin, gerçek değerleri karşılaştırılarak normalize edilirler. Çizelgeleme işlemi sırasında, malzemelerin sahip olduğu her bir özelliğin sahip oldukları gerçek değerlerin 100 birim üzerinden saptanması amacı ile karşılaştırılan malzemelerin her bir özelliğine en düşük sıfır ve en yüksek 100 olmak üzere bir özellik puanı verilecektir. Bu puanların saptanmasında estetik gibi kişisel zevk kaygısı içeren değerler, kullanıcının öznel değerlendirmesi sonucu saptanacaktır. Öznel değerlendirme sonucu saptanmayacak maliyet, fiziksel ve mekanik özelliklerin normalize edilmesinde ise karşılaştırılacak malzemelere ait yüksek olması arzu edilen bu değerlerden en yükseği 100 kabul edilecek ve diğer değerler için doğru orantı kurulacaktır. Maliyet özellikleri gibi yüksek olması arzu edilmeyen değerler için ise en düşük olan değer 100 kabul edilerek normalize edilecek ve diğer değerleri normalize etmek için ise ters orantı kullanılacaktır.

Normalize edilmiş değerler, performans gurubuna göre verilecek olan önem katsayıları ile çarpılarak her bir malzeme için ayrı ayrı toplanırlar. Böylece her performans gurubunun puanı hesaplanmış olur.

Son olarak, genel performans, ayrı ayrı saptanan, ana performans sınıfı olan estetik performans, fiziksel performans, mekanik performans ve ekonomik performansın, kullanım alanına göre verilecek olan katsayılarla çarpılmalarının toplanmaları sonucunda elde edilir.

Kullanım alanına göre, performans gruplarına verilecek olan katsayılar ( $K_i$ ), o performans gurubuna verilen önem katsayılarıdır ve kullanım alanı ve kullanıcı tercihlerine bağlı kalınarak saptanacaklardır. Her performans grubuna ait katsayıların toplamı bire eşit olmalıdır.

$$K_1 + K_2 + \dots + K_n = 1 \quad (6.1)$$

Malzemeye ait genel performans ise Denklem 6.2 ile saptanacaktır.

$$\text{Genel Performans} = K_1 \times \text{Estetik Performans} + K_2 \times \text{Fiziksel Performans} + K_3 \times \text{Mekanik Performans} + K_4 \times \text{Ekonomik Performans} \quad (6.2)$$

Yukarıda açıklanmış olan modele göre, genel performans gruplarından birisi olan estetik performans aşağıdaki şekilde hesaplanır;

#### 6.2.4.1 Estetik Performansın Saptanması

Estetik performansı saptamada kullanılacak alt kriterler aşağıda açıklanmışlardır.

**Biçim:** Bu modellemede ele alınan biçim özelliği, malzemelerin hadveli veya hadvesiz olmalarına göre değerlendirilecektir.

**Doku ve desen:** Doku ve desen özelliği, malzemelerin yüzeyinin gofrajlı veya düz bir dokuya sahip olmalarının yanında desenli veya desensiz olup olmadıklarına göre değerlendirilecektir.

**Renk seçeneği:** Renk seçeneği, malzemelerin sahip oldukları renklere ve renk sayısına göre değerlendirilecektir.

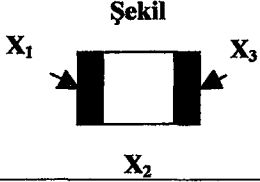
**Boyut:** Boyut özelliği, malzemelerin sahip oldukları en ve boy uzunluklarına göre değerlendirilecektir.

**Süreklilik:** Süreklilik özelliği, malzemelerin birleştirilme şekillerine göre değerlendirilecektir.

**Kir göstermeme:** Kir göstermeme özelliği, malzemelerin toz ve kir vb. barındırıp barındırmadıklarına göre değerlendirilecektir.

Öncelikle, karşılaştırılacak malzemelerin bu kriterlere ait değerleri, ürünlere ait katalog incelemeleri, bilimsel deneyler ve sübjektif yaklaşımlarla ortaya çıkarılarak çizelge haline getirilmektedir. Estetik özellikler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Estetik özelliklere ait değerler

<b>Parça:</b>		<b>Şekil</b> 
<b>Parça Bileşenleri:</b>		
<b>Dış yüzey: (x<sub>1</sub>)</b>		
<b>Çekirdek: (x<sub>2</sub>)</b>		
<b>İç yüzey: (x<sub>3</sub>)</b>		
<b>Estetik Özellikler</b>	<b>Biçim</b>	<b>Özellik</b>
	<b>Doku-desen</b>	<b>Özellik</b>
	<b>Renk seçeneği</b>	<b>Adet/Çeşitlilik</b>
	<b>Boyut</b>	<b>(metre)</b>
	<b>Süreklilik</b>	<b>Var/Yok</b>
	<b>Kir gösterme</b>	<b>Özellik</b>

Karşılaştırılacak malzemelere ait estetik performans kriterlerine ait değerler saptandıktan sonra Çizelge 6.2’de bir araya getirilip normalize edilmektedir.

Çizelge 6.2 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş estetik değerler

Estetik Performans alt kırılımları	Malzeme 1		Malzeme 2	
	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)
<b>Biçim</b>				
<b>Doku-Desen</b>				
<b>Renk Seçeneği</b>				
<b>Boyut</b>				
<b>Süreklilik</b>				
<b>Sertlik-Yumuşaklık</b>				
<b>Kir Gösterme</b>				

Normalize edilen değerler, Denklem 6,3’de yerlerine konularak karşılaştırılan malzemelere ait estetik grup performans puanları hesaplanmaktadır.

$$\text{Estetik Performans} = C_{\text{biçim}} \times N_{\text{biçim}} + C_{\text{doku-desen}} \times N_{\text{doku-desen}} + C_{\text{renk seçeneği}} \times N_{\text{renk seçeneği}} + C_{\text{boyut}} \times N_{\text{boyut}} + C_{\text{süreklilik}} \times N_{\text{süreklilik}} + C_{\text{kir gösterme}} \times N_{\text{kir gösterme}} \quad (6.3)$$

Bu formülde verilen önem katsayılarının toplamı Denklem (6.4)’de de gösterildiği gibi 1’e eşit olmalıdır.

$$C_{\text{biçim}} + C_{\text{doku-desen}} + \dots + C_{\text{kir gösterme}} = 1 \quad (6.4)$$

### 6.2.4.2 Ekonomik Performansın Saptanması

Ekonomik performansı saptamada kullanılacak alt kriterler aşağıda açıklanmaktadır.

**Taşıma maliyeti:** Taşıma maliyeti, sandviç panelin taşınacağı mesafeye göre malzemenin 1 m<sup>2</sup>'si için yapılan harcamadır.

**Malzeme Maliyeti:** Malzeme maliyeti, sandviç panelin 1m<sup>2</sup>'sinde kullanılan malzemelerin toplam bedelidir.

**İşçilik Maliyeti:** İşçilik maliyeti, sandviç panelin 1 m<sup>2</sup>'sinin montajı için harcanan işçilik bedelidir.

**Bakım Onarım Maliyeti:** Bakım onarım maliyeti, verilecek olan süreye göre sandviç panelin 1 m<sup>2</sup>'si için yapılan bakım ve onarım için kullanılan malzemelerin maliyetidir.

**Montaj Maliyeti:** Montaj maliyeti, sandviç panelin 1 m<sup>2</sup>'sinin montajı için kullanılan malzemelerin maliyetidir.

**Kolay Bulunabilme:** Kolay bulunabilme, sandviç panelin zedelenme veya eskime durumlarında kolay bulunup bulunamamasına göre değerlendirilecektir.

**Garanti:** Garanti, sandviç panelin kullanıcı tarafından uygun şekilde kullanılması durumunda kaç yıl boyunca standartlarla belirlenen şartları sağlayacağını ve eğer sağlamazsa zararın üretici tarafından karşılanacağını belirtmektedir. Ekonomik özellikler Çizelge 6.3'de verilmektedir.

Çizelge 6.3 Ekonomik özelliklere ait değerler

		Parça:	
		Parça Bileşenleri:	
		Dış yüzey: (x <sub>1</sub> )	
		Çekirdek: (x <sub>2</sub> )	
		İç yüzey: (x <sub>3</sub> )	
Ekonomik Özellikler	Taşıma maliyeti (40km için)	USD/m <sup>2</sup>	
	Malzeme maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	
	İşçilik maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	
	Bakım onarım maliyeti (5 yıllık)	USD/m <sup>2</sup>	
	Montaj maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	
	Kolay bulunabilme	Derece	
	Garanti	yıl	

Karşılaştırılacak malzemelere ait estetik performans kriterlerine ait değerler saptandıktan sonra Çizelge 6.4'de bir araya getirilip normalize edilmektedir.

Çizelge 6.4 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş ekonomik değerler

Ekonomik Performans alt kırımları	Malzeme 1		Malzeme 2	
	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)
Taşıma maliyeti				
Malzeme maliyeti				
İşçilik maliyeti				
Bakım onarım maliyeti				
Montaj maliyeti				
Kolay bulunabilme				
Garanti				

Normalize edilen değerler, Denklem 6.5’de yerine konursa, karşılaştırılan malzemelere ait ekonomik performans puanları hesaplanmış olur.

$$\text{Ekonomik Performans} = C_{\text{Taşıma Maliyeti}} \times N_{\text{Taşıma Maliyeti}} + C_{\text{Malzeme Maliyeti}} \times N_{\text{Malzeme Maliyeti}} + C_{\text{İşçilik Maliyeti}} \times N_{\text{İşçilik Maliyeti}} + C_{\text{Bakım-Onarım Maliyeti}} \times N_{\text{Bakım-Onarım Maliyeti}} + C_{\text{montaj maliyeti}} \times N_{\text{Montaj Maliyeti}} + C_{\text{Kolay Bulunabilme}} \times N_{\text{Kolay Bulunabilme}} + C_{\text{Garanti}} \times N_{\text{Garanti}} \quad (6.5)$$

Bu formülde verilen ekonomik önem katsayılarının toplamı Denklem 6.6’da da gösterildiği gibi 1’e eşit olmalıdır.

$$C_{\text{Taşıma Maliyeti}} + C_{\text{Malzeme Maliyeti}} + C_{\text{İşçilik Maliyeti}} + C_{\text{Bakım-Onarım Maliyeti}} + C_{\text{montaj maliyeti}} + C_{\text{Kolay Bulunabilme}} + C_{\text{Garanti}} = 1 \quad (6.6)$$

#### 6.2.4.3 Fiziksel Performansın Saptanması

Fiziksel performansı saptamada kullanılacak alt kriterler aşağıda açıklanmaktadır.

**Kalınlık:** Kalınlık, sandviç paneli oluşturan katmanların toplam kalınlığına eşittir.

**Ağırlık :** Ağırlık, sandviç panelin 1 m<sup>2</sup> sinin kg cinsinden ağırlığına eşittir.

**Doluluk Değeri:** Doluluk değeri, sandviç panelin dolu kısmının malzemenin tüm hacmine oranına göre değerlendirilecektir.

**Yangın Direnimi:** Yangın direnimi, sandviç paneldeki öz elemanlarının yanma sınıflarına göre değerlendirilecektir.

**Isı Geçirgenlik Direnci :** Isı geçirgenlik direnci, 1 m. kalınlığındaki bir sandviç panelin paralel iki yüzeyi arasında 1<sup>0</sup> C’lik sıcaklık farkı olduğunda 1 m<sup>2</sup> lik alandan birim zamanda geçen ısı enerjisi miktarına göre değerlendirilecektir. (Koschade, 2002)


Uzama: Sandviç panelin yüzeyine paralel karşıt kuvvetlerin etkisi altında plastik şekil değiştirme başlamadan ne kadar uzayabildiğinin yüzdesidir. (Kayalı vd., 1978)

Nem İlişkisi: Çevre sıcaklığı ve rutubet düzeyinin bir fonksiyonudur. Sandviç panelin hacminin yüzde kaç kadar nemi emebildiğini gösterir. (Koschade, 2002)

Ses Geçirmezlik: Bir dış kaynaktan gelen sesin sandviç panel tarafından kaç desibelinin emileceğini gösteren değerdir. (Koschade, 2002) Fiziksel özellikler Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Karşılaştırılacak malzemelere ait fiziksel performans kriterlerine ait değerler saptandıktan sonra Çizelge 6.6’da bir araya getirilip normalize edilmektedir.

Çizelge 6.5 Fiziksel özelliklere ait değerler

<b>Parça:</b>		
<b>Parça Bileşenleri:</b>		
<b>Dış yüzey:</b>		
<b>İç yüzey:</b>		
<b>Fiziksel Özellikler</b>	Kalınlık	mm
	Ağırlık	kg/m <sup>2</sup>
	Doluluk değeri (Komposite)	%
	Uzama	%
	Yangın direnimi	Sınıf
	Isı geçirgenlik direnci	W / mK
	Ses geçirmezlik	dB
	Gaz geçirgenlik direnci	μ
	Nem ilişkisi	g/(sMN)
	Su korozyonuna direnim	Derece
	Kimyasal korozyona direnim	Derece

Çizelge 6.6 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş fiziksel değerler

Fiziksel Performans alt kırılımları	Malzeme 1		Malzeme 2	
	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)
Kalınlık				
Ağırlık				
Doluluk değeri				
Uzama				
Yangın direnimi				
Isı geçirgenlik direnci				
Ses geçirmezlik				
Gaz geçirgenlik direnci				
Nem ilişkisi				
Su korozyonuna direnim				
Kimyasal korozyona direnim				

Normalize edilen değerler, Denklem 6.7’de yerine konursa, karşılaştırılan malzemelere ait ekonomik performans puanları hesaplanmış olur.

$$\begin{aligned} \text{Fiziksel Performans} = & C_{\text{kalınlık}} \times N_{\text{kalınlık}} + C_{\text{Ağırlık}} \times N_{\text{Ağırlık}} + C_{\text{Doluluk değeri}} \times N_{\text{Doluluk değeri}} + C_{\text{Uzama}} \times N_{\text{Uzama}} \\ & + C_{\text{Yangın direnimi}} \times N_{\text{Yangın direnimi}} + C_{\text{Isı geçirgenlik direnci}} \times N_{\text{Isı geçirgenlik direnci}} + C_{\text{Ses geçirgenlik direnci}} \times N_{\text{Ses geçirgenlik direnci}} \\ & + C_{\text{Gaz geçirgenlik direnci}} \times N_{\text{Gaz geçirgenlik direnci}} + C_{\text{Nem ilişkisi}} \times N_{\text{Nem ilişkisi}} + C_{\text{Su korozyonuna direnimi}} \times N_{\text{Su korozyonuna direnimi}} \\ & + C_{\text{Kimyasal korozyona direnimi}} \times N_{\text{Kimyasal korozyona direnimi}} \end{aligned} \quad (6.7)$$

Bu formülde verilen önem katsayılarının toplamı Denklem 6.8’da da gösterildiği gibi 1’e eşit olmalıdır.

$$C_{\text{Kalınlık}} + C_{\text{Ağırlık}} + C_{\text{Doluluk Değeri}} + C_{\text{Uzama}} + C_{\text{Yangın Direnimi}} + C_{\text{Isı Geçirgenlik Direnci}} + C_{\text{Ses Geçirmezlik}} + C_{\text{Gaz Geçirgenlik Direnci}} + C_{\text{Nem İlişkisi}} + C_{\text{Su Korozyonuna Direnimi}} + C_{\text{Kimyasal Korozyona Direnimi}} = 1 \quad (6.8)$$

#### 6.2.4.4. Mekanik Performansın Saptanması

Mekanik performansı saptamada kullanılacak alt kriterler aşağıda açıklanmaktadır.

**Çarpılmaya Direnimi:** Sandviç panellerin çarpılma anında oluşacak enerjiyi sönmüleyebilmesi için oluşacak hasarın derecesidir. (www.mmo.org.tr)

**Çekme Dayanımı:** Çekme dayanımı, maksimum yükün sandviç panelin kendi kesit alanına oranıdır. (Kayalı vd., 1978)

İki türlü çekme dayanım testi yapılabilir. Testlerden ilkinde, yüzeye dik, zıt kuvvetler altında, özün yüzeylere yapışma dayanımı test edilir. İkinci testte ise yüzeye paralel zıt kuvvetler altında çekme testi yapılır. (Koschade, 2002)

**Kesme Dayanımı:** Malzeme yüzeyine dik ve malzeme yönünde bir kuvvet veya kuvvetlerin etkisi ile yapısal bileşenlerinin birbirlerinden ayrılmasıdır. (Koschade, 2002)

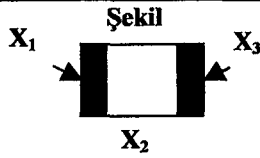
**Eğilme Dayanımı:** Eğilme deneyinde sandviç panelin üst kısmında basınç gerilmeleri alt kısmında ise çekme gerilmeleri oluşur. Bu iç kuvvetlerin bileşkesi eğilme dayanımını verir. (Toydemir vd., 2000)

**Basınç dayanımı:** Birim alana etki eden, yüzeye dik gelen kuvvetin yarattığı gerilmeye karşı sandviç panelin göstermiş olduğu dayanımdır. (Toydemir vd., 2000)

**Yayıllı Yük Taşıma:** Sandviç panelin yayıllı yük taşıma kapasitesi; kirişler arası mesafeye, kaplama malzemesinin kalınlığına, sandviç panelin kalınlığına ve oluşan seğime bağlıdır.

Oluşacak olan seğim, kirişler arası mesafenin 1/300'ünden küçük ya da eşit olmalıdır. (Kandil, 2003) Mekanik özellikler Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 Mekanik özelliklere ait değerler

<b>Parça:</b>		
<b>Parça Bileşenleri:</b>		
<b>Dış yüzey:</b>		
<b>Çekirdek:</b>		
<b>İç yüzey:</b>		
<b>Mekanik Özellikler</b>	Çarpılmaya direnim	Derece
	Basınç dayanımı	N/mm <sup>2</sup>
	Kesme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>
	Eğilme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>
	Çekme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>
	Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)	Kg/m <sup>2</sup>

Karşılaştırılacak malzemelere ait mekanik performans kriterlerine ait değerler saptandıktan sonra Çizelge 6.8'de bir araya getirilip normalize edilmektedir.

Çizelge 6.8 Karşılaştırılacak malzemelere ait normalize edilmiş mekanik değerler

Mekanik Performans alt kırılımları	Malzeme 1		Malzeme 2	
	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)	Gerçek Değer	Normalize Edilmiş Değer (100 Üzerinden)
Çarpılmaya direnim				
Basınç dayanımı				
Kesme dayanımı				
Eğilme Dayanımı				
Çekme dayanımı				
Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)				

Normalize edilen değerler, Denklem 6.9'da yerine konursa, karşılaştırılan malzemelere ait mekanik performans puanları hesaplanmış olur.

$$\text{Mekanik Performans} = C_{\text{Çarpılmaya direnim}} \times N_{\text{Çarpılmaya direnim}} + C_{\text{Basınç dayanımı}} \times N_{\text{Basınç dayanımı}} + C_{\text{Kesme dayanımı}} \times N_{\text{Kesme dayanımı}} + C_{\text{Eğilme dayanımı}} \times N_{\text{Eğilme dayanımı}} + C_{\text{Çekme dayanımı}} \times N_{\text{Çekme dayanımı}} + C_{\text{Yayılı yük taşıma}} \times N_{\text{Yayılı yük taşıma}} \quad (6.9)$$

Bu formülde verilen önem katsayılarının toplamı Denklem 6.10'da da gösterildiği gibi 1'e eşit olmalıdır.

$$C_{\text{Çarpılmaya Direnim}} + C_{\text{Basınç Dayanımı}} + C_{\text{Kesme Dayanımı}} + C_{\text{Eğilme Dayanımı}} + C_{\text{Çekme Dayanımı}} + C_{\text{Yayıllı Yük Taşıma}} = 1 \quad (6.10)$$

Tüm bu hesaplamalar sonucunda, karşılaştırılan malzemelerin alt performans gruplarına ait olan performans puanları genel performans formülüne yerleştirilerek, en yüksek değere sahip olan malzeme kullanılmak üzere seçilir.

Malzemeler için alt performans gruplarına ait performans puanları aşağıdaki çizelgede bir araya getirilir. Denklem 6.2'den yararlanılarak incelenen malzemelere ait genel performans oranları saptanır. Puanı yüksek olan malzeme kullanım alanına ve kullanıcı tercihlerine daha uygundur ve bu malzeme yönünde seçim yapılması daha uygun olacaktır.

Çizelge 6.9 Malzemelere ait genel performansın saptanması

ALT KIRINIM	MALZEME 1	MALZEME 2
Estetik Performans		
Fiziksel Performans		
Mekanik Performans		
Ekonomik Performans		
<b>GENEL PERFORMANS</b>		

Modelin işleyişi Ek 2'deki çizelgede özetlenerek gösterilmiştir.

### 6.3 Modelleme Örneği

Geliştirilen model denenmesi amacıyla iki adet malzeme üzerinde işletilmiş ve sonuçlar Ek 3'de verilmiştir. "Malzeme 1" ve "Malzeme 2" adı altında incelenen malzemeler sırasıyla, Assan Prefabrik poliüretan dolgulu ve galvanize boyalı sac kaplamalı sandviç panel ve yine aynı firmaya ait poliüretan dolgulu ve gofrajlı alüminyum kaplamalı malzemelerdir.

Bu örnekte ele alınan özelliklere, fiziksel, mekanik, estetik ve ekonomik performans ana gruplarına ait önem katsayılarının saptandığı, uygulama alanı olarak sanayi yapısı örneği ele alınmıştır. Bu kullanım alanına göre saptanmış olan ana performans gruplarına; fiziksel performans ana grubuna ait önem katsayısı 0,25; mekanik performans ana grubuna ait önem katsayısı 0,25; estetik performans ana grubuna ait önem katsayısı 0,1 ve ekonomik performans ana grubuna ait önem katsayısı 0,4 olarak saptanmıştır. Yukarıda verilen ana performans grubu önem katsayılarının toplamı 1'e eşittir.

Her iki malzemeye ait kalınlıklar ve panel şekli ve boyutları aynıdır. Malzemelere ait fiziksel, mekanik, estetik ve ekonomik değerler saptanarak Ek 3'de verilen tabloda yerlerine konmuş, bu değerler birbirlerine göreceli olarak normalize edildikten sonra önem katsayılarıyla ağırlıklandırılmışlardır.

Normalize edilme işlemini açıklamak amacıyla aşağıdaki örnekler verilecektir.

Ağırlık, yüksek olması istenmeyen bir özelliktir. Malzemelere ait ağırlık değerleri sırasıyla 9,56 ve 4,5 kg/m<sup>2</sup>'dir. En düşük değeri alan malzemeye 100 verilecek ve diğer malzemeye ait normalize edilmiş değer, ters orantılı olarak hesaplanacaktır; diğer malzemeye ait normalize edilmiş değer 47 olarak saptanmıştır.

Biçim, öznel olarak değerlendirilecek bir özelliktir. Her iki malzemenin de biçimleri aynı olduğu göz önüne alınarak her iki malzemeye de aynı değer verilmiş ve bunun sonucu olarak da malzemelere ait normalize edilmiş değerler 100 olarak saptanmıştır.

Bu işlemlerin sonucunda boyalı galvanize sac kaplı panelin genel performans puanı daha yüksek çıkmıştır; sonuç olarak uygulama alanına ve malzeme özellikleri için yapılan önceliklendirmeye göre en uygun alternatif, boyalı galvanize kaplamalı panel olarak saptanmıştır. Unutulmaması gereken nokta, modelin işleyişi sonucunda ortaya çıkan, malzemelere ait genel performans puanlarının, birbirlerine göre göreceli olduklarıdır.

## BÖLÜM 7. SONUÇ

Günümüzde, yalın malzemenin yetersiz kaldığı sorunları çözmek amacı ile yeni sistemler geliştirilmektedir. Bu sistemlere örnek olarak, bileşenlerinde tek başına bulunmayan daha üstün özellikler elde etmek amacıyla en az iki farklı malzemenin bir araya getirilmesi ile oluşturulan kompozit malzemeler gösterilebilir.

Yalın malzemenin karşılamakta eksik kaldığı; mekanik performansların yükseltilmesi, güvenliğin iyileştirilmesi, kimyasal etkenlere karşı dayanıklılığın artırılması, maliyetin düşürülmesi, fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi ve ısıya dayanıklılığın artırılması gibi pek çok gereksinimin giderilmesi amacıyla tasarlanan kompozit malzemeler, taneciklerle güçlendirilmiş kompozitler, tanelerle donatılı kompozitler, liflerle donatılı kompozitler ve tabakalı kompozitler olarak dört ana guruba ayrılabilirler.

Bu çalışmada ele alınan sandviç kompozitler, kompozit malzemenin tabakalı kompozitler gurubuna girmektedirler. Genel olarak, iki adet ince, sert ve güçlü yüzey ile bu yüzeylere göre daha kalın ve daha hafif olan bir özün birleşmesinden oluşan sandviç kompozitleri oluşturan malzemeler, kullanım alanına göre geniş bir çeşitliliğe sahiptirler.

Daha yüksek sertlik, dayanım, ısı ve ses yalıtımı ile daha düşük ağırlık sağlamak amacı ile hava, deniz ve kara taşımacılığında yoğun olarak kullanılan sandviç kompozitler, üstün özellikleri sayesinde yapı alanında, kaplama ve yalıtım gibi değişik amaçlarla kullanılarak yapısal performansı arttırmaktadırlar. Kullanım alanına en uygun panel seçimi ve panel birleşim noktalarında alınacak olan önlemlerle, ısı, ses, nem ve yangın gibi yapısal performanslar yükseltilecektir.

Günümüzde, gelişen teknolojinin bizlere sunduğu yeniliklerden birisi olan sandviç kompozit paneller yapı endüstrisinde kullanılan değişmez öğelerden birisi olmuş durumdadırlar. Her ne kadar yapı endüstrisinde kaplama amaçlı kullanılan sandviç panel çeşidi belirli sayıda olsa da, yapılan çalışmalarla, sandviç panellerde kullanılan malzeme ve birleşim çeşitliliğinde sürekli bir artış olmaktadır. Sandviç panel uygulamalarında, tasarımcılar geniş bir renk ve malzeme seçeneğine sahiptirler, bundan dolayı kimi zaman, uygulama alanına en uygun panel seçiminde oldukça zorlanılmaktadır.

Yapı dış kabuğunda da kullanılan, düşük ağırlıklarına rağmen yüksek yük taşıma kapasiteli, yalıtımlı bu panellerin seçimi yapı verimliliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu verimliliği arttırmada, uygulama alanına en uygun sandviç panelin seçimi büyük önem kazanmaktadır; aksi takdirde sandviç panellerden amaçlanan kazanca ulaşılamayacaktır. Yapılacak olan bu seçimin bilimsel bir tabana oturması önemlidir ve bu çalışmada ortaya konulan model bu

amaca hizmet edecektir. Geliştirilen model sayesinde, fiziksel, mekanik, ekonomik ve estetik özellikleri ile ele alınan malzemeler karşılaştırılarak kullanım amacı ve yeri açısından bilinçli ve doğru bir seçim yapılabilir.

Bu çalışma sürecinde geliştirilen modelde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir;

- Uygulama alanına göre, kullanılacak olan malzemede aranacak olan özellikler belirlenir. Özelliklerin belirlenme aşamasında sistem olanaklarının, malzemelerin çalışma tekniklerinin ile yerleşim durumlarının, üretici kataloglarının ve yapım aksesuarlarının iyi bir biçimde bilinmesi gerekmektedir.
- Bu özellikler, sahip oldukları değerlerin de gösterildikleri çizelgeler haline dönüştürülürler.
- Çizelge haline dönüştürülen özellikler fiziksel, mekanik, estetik ve ekonomik olarak guruplandırılırlar.
- Alt performans gurupları belirlenen malzemelerin, gerçek değerleri karşılaştırılarak normalize edilirler.
- Normalize edilen değerler performans gurubuna verilecek olan önem kat sayıları ile çarpılarak her bir malzeme için ayrı ayrı toplanırlar. Böylece her performans gurubunun puanı saptanmış olur.
- Genel performansın saptanması ise, ana performans guruplarının, kullanım alanına göre verilmiş katsayılar ile çarpılarak toplanması ile saptanır.

Ortaya konulan modelde, malzemelerin aldıkları performans değerleri karşılaştırıldıkları malzemeye göreceli olarak aldıkları değerlerdir. Bu değerler, başka malzemelerle karşılaştırıldıklarında değişebilir.

Model, kullanıcılar açısından büyük faydalar sağlamaktadır. Bu modelleme sonucunda uygulama alanına ve malzeme özellikleri için yapılan önceliklendirmeye göre en uygun malzeme alternatifi seçilebilecektir.

**KAYNAKLAR**

Akman, S., (1990), Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Allen, H., (1969), Analysis and Design of Structural Sandwich Panels, Pergamon Press, New York.

Aluform Pekintaş A.Ş., (2002), Teknik Detay Broşürü, İstanbul.

Artel, T., (1969), Yapı Malzemesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Assan Prefabrik A.Ş., (2003), Ürün kataloğu, İstanbul.

Balanlı, A., (1997), Yapıda Ürün Seçimi, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Corden, J., (1990), Honeycomb structure, in Engineered Materials Handbook, Ohio, USA.

Çınar, H., (2004), Kişisel Görüşme, Tek-İz İzolasyon ve Yapı Elemanları Sanayi A.Ş., Mimar, İstanbul.

Davies, M., (1999), Optimum Design of Composite Claddind Panels, Manchester.

Demirkesen, E., (1989), Kompozit malzemeler, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ersoy, H., Kompozit Malzeme, (Birinci Basım. İstanbul:Literatür, 2001).

Harwood, J., (1997), Fire Safety of Sandwich Panels, Research Report, Scotland.

İzopoli A.Ş., (2000), Teknik Data ve Detaylar Broşürü, İstanbul.

Kalafat, S., (1984), "Türkiye'de Çatı Örtüleri, Tamamlayıcı Malzemeler, Su ve Rutubet İzolasyonu", 14 Mart 1984, İstanbul.

Kandil Endüstri, Ürün Kataloğu, Mısır.

Kayalı, E. S., Ensari, C. ve Dikeç, F., (1978), Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İ.T.Ü Metalürji ve Madencilik Bölümü, İstanbul.

Kocataşkın, F., (1985), Yayınlanmamış Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Konti, Usinor Group, Ürün Kataloğu, Yunanistan.

Mermer, E., (2004), Kişisel Görüşme, Atermit Endüstri ve Ticaret A.Ş., Metal Satış Müdürü, Gebze.

Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş., Uygulama Detayları Kitapçığı, Kocaeli.

Onaran, K., (1986), Malzeme Bilimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Onuk, K., (2002), Uçak Sanayiinde Kompozitlerin Yeri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özgür Atermit Sanayi ve Ticaret A.Ş., (2003), Ürün Kataloğu, Gebze.

PAB, Groupe Usinor., (2003), Les Panneaux Sandwiches Acier, Teknik Detay Kitapçığı, Nanterre.

Pancar, İ., (2004), Kişisel Görüşme, Arcelor A.Ş., Arcelor Türkiye Satış Müdürü, İstanbul.

Polistren Üreticileri Derneği (PÜD), (2004), Polistren El Kitapçığı, İstanbul.

Postacıoğlu, B., (1975), Yapı Malzemesi Dersleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Salvadori, M. ve Heller, R., (1982), Mimarlıkta Taşıyıcı Sistem, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Şenal, Y., (2004), Kişisel Görüşme, Assan Prefabrik A.Ş., Üretim Yöneticisi, İstanbul.

Tek-iz., (2004), Ürün Kataloğu, İstanbul.

Toydemir, N., Erol, G., Leyla, T., (2000), Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Toydemir, N., (1998), "Kompozit Yapı Malzemeleri, Kompozit Yapı Bileşenleri ve Yalıtım", Yapı Dergisi, s. 80, İstanbul.

Vinson, J., (1999), The Behavior of Sandwich Structures of Isotropic and Composite Materials, Technomic Publishing Co, Delaware.

Koschade,R., (2002), Sandwich Panel Construction, Verlag für Architectur und Technische Wissenschaften , Germany.

Yıldırım, B., (1998), Sandviç Kompozitler ve Mimarlıkta Kullanım Alanları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış).

Yücesoy, L., (1994), "Yoğuşma Suyunun Isı İletkenliğine Etkisi", Endüstri Yapılarında Döşeme ve Çatı Kaplamaları Sempozyumu, 30 Nisan 1992, İstanbul.

## **INTERNET KAYNAKLARI**

[www.sandwichbau.com/sand.htm](http://www.sandwichbau.com/sand.htm)

[www.msm.cam.ac.uk/mmc/steelsheet/sandwichbase/principlesofsandwichstructures](http://www.msm.cam.ac.uk/mmc/steelsheet/sandwichbase/principlesofsandwichstructures)

[www.designophy.wiliw.com](http://www.designophy.wiliw.com)

[www.yildizcam.com](http://www.yildizcam.com)

[www.wisa.com](http://www.wisa.com)

[www.parkpanel.com](http://www.parkpanel.com)

[www.oneoceankayaks.com](http://www.oneoceankayaks.com)

[www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr)

[www.eng.uab.edu](http://www.eng.uab.edu)



**Ek 1a Sac Kaplama Boyalarına Ait Teknik Özellikler (İzopoli, 2000)**

<b>Boya Türü: Polyester</b>	İyi biçim alabilirlik İyi korozyon dayanımı İyi renk ve görüntü stabilitesi Harici kullanımlarda	
<b>Kullanım Özellikleri</b>		
<b>Yüzey Sertliği</b>	H-2H	ASTM D 3363
<b>“Kırılma” Limit Yarıçapı</b>	4-5T	ECCA T 4
<b>Darbe Dayanımı</b>	Çok iyi	ISO 1522
<b>Tuz Sprey</b>	Z275 muadili için 100 saat	ISO 7253 ECCA T 8
<b>TABER Aşınma Dayanımı</b>	Yaklaşık 50 mg	ASTM D 4060
<b>Yaşlanma Dayanımı</b>	Açık renkler: dE= 2 Koyu renkler: dE= 5	ISO 7724
<b>Sıcaklık Dayanımı</b>	140 <sup>0</sup> C de 1 saat 100 <sup>0</sup> C de 500 saat 75 <sup>0</sup> C de 6 hafta	
<b>“KESTERNISH” Testi</b>	20 tur	ISO 3231
<b>Asit/Baz Dayanımı</b>	İyi- çok iyi	
<b>Solvent Dayanımı</b>	İyi- çok iyi	
<b>Mineral Yağ Dayanımı</b>	Çok iyi	
<b>Kaplama Kalınlığı</b>	5+20	
<b>Yansıma</b>	Normal 30%	ISO 2813
<b>Renkler</b>	Ral kodları	ISO 7724
<b>Geçici Koruma</b>	Parafin ya da polietilen film	
<b>Boya Tamiri</b>	Fırça, spray tabanca ya da aerosol ile	

**Ek 1b Sac Kaplama Boyalarına Ait Teknik Özellikler (İzopoli, 2000)**

<b>Boya Türü: PVDF</b>	Mükemmel harici kullanım Mükemmel işlenebilirlik Çok iyi korozyon dayanımı	
Kullanım Özellikleri	Mükemmel yıpranma dayanıklılığı Mükemmel renk stabilitesi	
Yüzey Sertliği	F-H	ASTM D 3363 ECCA T 4
“Kırılma” Limit Yarıçapı	1-3T	ISO 2815
Darbe Dayanımı	Çok iyi	
Tuz Sprey	Z275 muadili için 700 saat	ISO 7253 ECCA T 8
TABER Aşınma Dayanımı	Yaklaşık 30 mg.	ASTM D 4060
Yaşlanma Dayanımı	Açık renkler: dE= 0.5 Koyu renkler: dE= 1	ISO 7724
Sıcaklık Dayanımı	180 <sup>0</sup> C de 1 saat 110 <sup>0</sup> C de 500 saat 100 <sup>0</sup> C de 6 hafta	
“KESTERNISH” Testi	25 tur	ISO 3231
Asit/Baz Dayanımı	Çok iyi	
Solvent Dayanımı	Mükemmel	
Mineral Yağ Dayanımı	Mükemmel	
Kaplama Kalınlığı	5+20	IANESCO (France)
Yansıma	Normal 25-30 %	ISO 2813
Renkler	Ral kodları	ISO 7724
Geçici Koruma	Parafin ya da polietilen film	
Boya Tamiri	Fırça, spray tabanca ya da aerosol ile	

**Ek 1c Sac Kaplama Boyalarına Ait Teknik Özellikler (İzopoli, 2000)**

Boya Türü: Plastisol 100-150-200	İyi güneş dayanım stabilitesi Çok iyi işlenebilirlik Çok iyi korozyon dayanımı Mükemmel yıpranma dayanıklılığı Yangın dayanıklılığı	UK BS 476
Kullanım Özellikleri		
Yüzey Sertliği	4-6B	ASTM D 3363 ECCA T 4
“Kırılma” Limit Yarıçapı	1-3 T	ISO 2815
Darbe Dayanımı	Çok iyi	ISO 1522
Tuz Sprey	Z275 muadili için 1250-1750 saat	ISO 7253 ECCA T 8
TABER Aşınma Dayanımı	Yaklaşık 25 mg.	ASTM D 4060
Sıcaklık Dayanımı	120 <sup>0</sup> C de 1 saat 90 <sup>0</sup> C de 1 saat 75 <sup>0</sup> C de 6 hafta	
“KESTERNISH” Testi	20 tur	ISO 3231
Asit/Baz Dayanımı	İyi- çok iyi	BS 476
Solvent Dayanımı	Çok iyi	
Mineral Yağ Dayanımı	Çok iyi	
Kaplama Kalınlığı	7+100 7+150 7+200	IANESCO (France)
Yansıma	Normal 30-40%	
Renkler	Ral kodları	ISO 7724
Geçici Koruma	Parafin ya da polietilen film	
Boya Tamiri	Fırça, spray tabanca ya da aerosol ile	

Ek 2 Uygulama Alanına En Uygun Sandviç Panel Seçiminde Kullanılacak Performans Modeli

Özellik	Birim	Değer	Normalize Edilmiş Değer (N)	Özellikle Ait Önem Katsayısı (G)	(N) * (G)	ANA GRUBA AIT KATSAYISI (K <sub>i</sub> )	K <sub>i</sub> * P <sub>i</sub>		
Kalınlık	mm	X <sub>Kalınlık</sub>	N <sub>Kalınlık</sub>	C <sub>Kalınlık</sub>	N <sub>Kalınlık</sub> * C <sub>Kalınlık</sub>	K FİZİKSEL	P FİZİKSEL * K FİZİKSEL		
Ağırlık	kg/m <sup>2</sup>	X <sub>Ağırlık</sub>	N <sub>Ağırlık</sub>	C <sub>Ağırlık</sub>	N <sub>Ağırlık</sub> * C <sub>Ağırlık</sub>				
Doluluk değeri (Kompasite)	%	X <sub>Doluluk</sub>	N <sub>Doluluk</sub>	C <sub>Doluluk</sub>	N <sub>Doluluk</sub> * C <sub>Doluluk</sub>				
Uzama	%	X <sub>Uzama</sub>	N <sub>Uzama</sub>	C <sub>Uzama</sub>	N <sub>Uzama</sub> * C <sub>Uzama</sub>				
Yangın direnimi	Smuf	X <sub>Yangın</sub>	N <sub>Yangın</sub>	C <sub>Yangın</sub>	N <sub>Yangın</sub> * C <sub>Yangın</sub>				
Isı geçirgenlik direnci	W / mK	X <sub>Isı geçirgenlik</sub>	N <sub>Isı geçirgenlik</sub>	C <sub>Isı geçirgenlik</sub>	N <sub>Isı geçirgenlik</sub> * C <sub>Isı geçirgenlik</sub>				
Ses geçirmezlik	dB	X <sub>Ses</sub>	N <sub>Ses</sub>	C <sub>Ses</sub>	N <sub>Ses</sub> * C <sub>Ses</sub>				
Gas geçirgenlik direnci	μ	X <sub>Gas</sub>	N <sub>Gas</sub>	C <sub>Gas</sub>	N <sub>Gas</sub> * C <sub>Gas</sub>				
Su korzyonuna direnim	Derece	X <sub>Su korzyonuna direnim</sub>	N <sub>Su korzyonuna direnim</sub>	C <sub>Su korzyonuna direnim</sub>	N <sub>Su korzyonuna direnim</sub> * C <sub>Su korzyonuna direnim</sub>				
Kimyasal korzyona direnim	Derece	X <sub>Kimyasal korzyon</sub>	N <sub>Kimyasal korzyon</sub>	C <sub>Kimyasal korzyon</sub>	N <sub>Kimyasal korzyon</sub> * C <sub>Kimyasal korzyon</sub>				
Nem iliştsisi	g/(sMN)	X <sub>Nem iliştsisi</sub>	N <sub>Nem iliştsisi</sub>	C <sub>Nem iliştsisi</sub>	N <sub>Nem iliştsisi</sub> * C <sub>Nem iliştsisi</sub>				
<b>TOPLAM</b>					<b>Σ N FİZİKSEL * C FİZİKSEL = P FİZİKSEL (FİZİKSEL PERFORMANS)</b>				
Çarpılmaya direnim	Derece	X <sub>Çarpılma</sub>	N <sub>Çarpılma</sub>	C <sub>Çarpılma</sub>	N <sub>Çarpılma</sub> * C <sub>Çarpılma</sub>			K MEKANİK	P MEKANİK * K MEKANİK
Basınç dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	X <sub>Basınç dayanımı</sub>	N <sub>Basınç dayanımı</sub>	C <sub>Basınç dayanımı</sub>	N <sub>Basınç dayanımı</sub> * C <sub>Basınç dayanımı</sub>				
Kesme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	X <sub>Kesme dayanımı</sub>	N <sub>Kesme dayanımı</sub>	C <sub>Kesme dayanımı</sub>	N <sub>Kesme dayanımı</sub> * C <sub>Kesme dayanımı</sub>				
Eğilme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	X <sub>Eğilme dayanımı</sub>	N <sub>Eğilme dayanımı</sub>	C <sub>Eğilme dayanımı</sub>	N <sub>Eğilme dayanımı</sub> * C <sub>Eğilme dayanımı</sub>				
Çekme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	X <sub>Çekme dayanımı</sub>	N <sub>Çekme dayanımı</sub>	C <sub>Çekme dayanımı</sub>	N <sub>Çekme dayanımı</sub> * C <sub>Çekme dayanımı</sub>				
Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)	Kg/m <sup>2</sup>	X <sub>Yayılı yük taşıma</sub>	N <sub>Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)</sub>	C <sub>Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)</sub>	N <sub>Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)</sub> * C <sub>Yayılı yük taşıma (200cm açıklıkta)</sub>				
<b>TOPLAM</b>					<b>Σ N MEKANİK * C MEKANİK = P MEKANİK (MEKANİK PERFORMANS)</b>				
Bijim	Öznel	X <sub>Bijim</sub>	N <sub>Bijim</sub>	C <sub>Bijim</sub>	N <sub>Bijim</sub> * C <sub>Bijim</sub>	K ESTETİK	P ESTETİK * K ESTETİK		
Doku-desen	Öznel	X <sub>Doku-desen</sub>	N <sub>Doku-desen</sub>	C <sub>Doku-desen</sub>	N <sub>Doku-desen</sub> * C <sub>Doku-desen</sub>				
Renk seçeneği	Renk adedi	X <sub>Renk seçeneği</sub>	N <sub>Renk seçeneği</sub>	C <sub>Renk seçeneği</sub>	N <sub>Renk seçeneği</sub> * C <sub>Renk seçeneği</sub>				
Boyut	m	X <sub>Boyut</sub>	N <sub>Boyut</sub>	C <sub>Boyut</sub>	N <sub>Boyut</sub> * C <sub>Boyut</sub>				
Streklilik	Var/yok	X <sub>Streklilik</sub>	N <sub>Streklilik</sub>	C <sub>Streklilik</sub>	N <sub>Streklilik</sub> * C <sub>Streklilik</sub>				
Kır vb. gösterme	Derece	X <sub>Kır gösterme</sub>	N <sub>Kır gösterme</sub>	C <sub>Kır gösterme</sub>	N <sub>Kır gösterme</sub> * C <sub>Kır gösterme</sub>				
<b>TOPLAM</b>					<b>Σ N ESTETİK * C ESTETİK = P ESTETİK (ESTETİK PERFORMANS)</b>				
Taşınma maliyeti (40km için)	USD/m <sup>2</sup>	X <sub>Taşınma maliyeti</sub>	N <sub>Taşınma maliyeti</sub>	C <sub>Taşınma maliyeti</sub>	N <sub>Taşınma maliyeti</sub> * C <sub>Taşınma maliyeti</sub>			K EKONOMİK	P EKONOMİK * K EKONOMİK
Malzeme maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	X <sub>Malzeme maliyeti</sub>	N <sub>Malzeme maliyeti</sub>	C <sub>Malzeme maliyeti</sub>	N <sub>Malzeme maliyeti</sub> * C <sub>Malzeme maliyeti</sub>				
İşçilik maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	X <sub>İşçilik maliyeti</sub>	N <sub>İşçilik maliyeti</sub>	C <sub>İşçilik maliyeti</sub>	N <sub>İşçilik maliyeti</sub> * C <sub>İşçilik maliyeti</sub>				
Bakım onarım maliyeti (5 yıllık)	USD/m <sup>2</sup>	X <sub>Bakım onarım maliyeti</sub>	N <sub>Bakım onarım maliyeti</sub>	C <sub>Bakım onarım maliyeti</sub>	N <sub>Bakım onarım maliyeti</sub> * C <sub>Bakım onarım maliyeti</sub>				
Montaj maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	X <sub>Montaj maliyeti</sub>	N <sub>Montaj maliyeti</sub>	C <sub>Montaj maliyeti</sub>	N <sub>Montaj maliyeti</sub> * C <sub>Montaj maliyeti</sub>				
Kolay bulunablime		X <sub>Kolay bulunablime</sub>	N <sub>Kolay bulunablime</sub>	C <sub>Kolay bulunablime</sub>	N <sub>Kolay bulunablime</sub> * C <sub>Kolay bulunablime</sub>				
Garanti	Yıl	X <sub>Garanti</sub>	N <sub>Garanti</sub>	C <sub>Garanti</sub>	N <sub>Garanti</sub> * C <sub>Garanti</sub>				
<b>TOPLAM</b>					<b>Σ N EKONOMİK * C EKONOMİK = P EKONOMİK (EKONOMİK PERFORMANS)</b>				
<b>GENEL TOPLAM</b>					<b>Σ P<sub>i</sub> * K<sub>i</sub> = GENEL PERFORMANS</b>				

Ek 3 Uygulama Alanına En Uygun Sandviç Panel Seçiminde Kullanılacak Performans Modeline Ait Örnek

Özellik	Birim	Değer Malzeme 1	Değer Malzeme 2	Normalize Edilmiş Değer Malzeme 1	Normalize Edilmiş Değer Malzeme 2	Özellikle Ait Önem Katsayısı (C)	(N) * (C) MALZEME 1	(N) * (C) MALZEME 2	ANA GRUBA AIT ÖNEM KATSAYISI (K)	P <sub>1</sub> * K <sub>1</sub> Malzeme 1	P <sub>1</sub> * K <sub>1</sub> Malzeme 2
Kalınlık	mm	40,9	40,9	100	100	0,04	4	4			
Ağırlık	kg/m <sup>2</sup>	9,56	4,5	47	100	0,15	7,05	15			
Doluluk değeri (Kompasite)	%	95	95	100	100	0,01	1	1			
Uzama	%	22	22	100	100	0,03	3	3			
Yangın direnimi	Sınıf	B2	B2	100	100	0,15	15	15			
Isı geçirgenlik direnci	W / mK	0,024	0,024	100	100	0,15	15	15			
Ses geçirmezlik	dB	25	25	100	100	0,1	10	10	0,25	20,4	23,5
Gaz geçirgenlik direnci	μ	40-50	40-50	100	100	0,06	6	6			
Su korozyonuna direnimi	Derece	YÜKSEK	ORTA	100	60	0,15	15	9			
Kimyasal korozyona direnimi	Derece	DÜŞÜK	YÜKSEK	30	100	0,15	4,5	15			
Nem ilişkisi	g/(sMN)	0,001	0,001	100	100	0,01	1	1			
<b>TOPLAM</b>											
Çarpılmaya direnimi	Derece	YÜKSEK	ORTA	100	60	0,20	20	12			
Basınç dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	0,18	0,18	100	100	0,15	15	15			
Kesme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	0,12	0,12	100	100	0,15	15	15			
Eğilme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	0,32	0,32	100	100	0,15	15	15	0,25	25	21,5
Çekme dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	0,3	0,3	100	100	0,15	15	15			
Yayıllı yük taşıma (200cm açıklıkta)	Kg/m <sup>2</sup>	230	162	100	70	0,20	20	14			
<b>TOPLAM</b>											
Biçim	Öznel	Estetik ön planda tutulmuş 3 hadveli	Estetik ön planda tutulmuş 3 hadveli	30	30	0,15	4,5	4,5			
Doku-desen	Öznel	Kaba/Düz	Kaba/GoFrajlı	40	30	0,1	4	3			
Renk seçeneği	Renk sayısı	9 değişik renk	Doğal alüminyum rengi	70	30	0,15	10,5	4,5			
Boyut	mm	915 x 1000/12000	915 x 1000/12000	70	70	0,2	14	14	0,1	6	4,8
Şekli	Var/Yok	Var	Var	80	80	0,15	12	12			
Kir vb. gösterme	Derece	Toz barındırır	Toz, kir ve yağ barındırır	60	40	0,25	15	10			
<b>TOPLAM</b>											
Taşıma maliyeti (40km için)	USD/m <sup>2</sup>	0,15	0,15	100	100	0,1	10	10			
Malzeme maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	14,5	20	100	73	0,2	20	14,6			
İşçilik maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	2,2	2,2	100	100	0,1	10	10			
Bakım onarım maliyeti (5 yıllık)	USD/m <sup>2</sup>	3-4	2-3	71	100	0,1	7,1	10	0,4	38,8	37,8
Montaj maliyeti	USD/m <sup>2</sup>	0,35	0,35	100	100	0,1	10	10			
Kolay bulunabilme	Derece	Yüksek	Yüksek	100	100	0,2	20	20			
Garanti	Yıl	10	10	100	100	0,2	20	20			
<b>TOPLAM</b>							<b>97,1</b>	<b>94,6</b>			
<b>GENEL TOPLAM</b>										<b>90,2</b>	<b>87,6</b>

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 29,08,1972

Doğum yeri Ankara

Lise 1983-1991

Lisans 1991-1997

İstanbul Galatasaray Lisesi  
Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fak.  
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2004

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1996-1997

1998-1999

1999-2000

Atölye T Mimarlık Ofisi

Atölye T Mimarlık Ofisi

MFU Mimarlık Ofisi