



ÇATI SANAYİCİ ve
İŞ ADAMLARI DERNEĞİ



ULUSAL ÇATI & CEPHE SEMPOZYUMU

3 - 4 NİSAN 2014
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ODİTORYUMU
BEŞİKTAŞ - İSTANBUL

ANA SPONSOR



ALTIN SPONSORLAR



SPONSORLAR



DESTEKLEYENLER



7. ULUSAL ÇATI & CEPHE SEMPOZYUMU

BİLDİRİLERİ

Yıldız Teknik Üniversitesi - Beşiktaş / İstanbul
3 - 4 Nisan 2014

Sponsorlarımıza ve Destekçilerimize Teşekkürlerimizle

ANA SPONSOR



ALTIN SPONSORLAR



GÜMÜŞ SPONSOR



DESTEKLEYEN KURULUŞLAR



SPONSORLAR



YTONG

7. ULUSAL ÇATI & CEPHE SEMPOZYUMU

Bildiriler Kitabı

Yıldız Teknik Üniversitesi - Beşiktaş / İstanbul

3 - 4 Nisan 2014

© Bütün hakları saklıdır. Bu eserin bir kısmı ve tamamı ÇATIDER Çatı Sanayici ve İşadamları Derneği'nin izni olmadan, hiçbir şekilde çoğaltılamaz, kopya edilemez.

ISBN: 978-605-61283-2-5

Baskı ve Cilt: Altan Basım Ltd.

Yayınlayan:

B2B
m e d y a 

Teknik Sektör Yayıncılığı A.Ş.

Barbaros Mah. Uğur Sk. No: 2/2 34662 Üsküdar / İstanbul

Tel: 0216 651 7878 / Faks: 0216 651 7898

www.b2bmedya.com • info@b2bmedya.com

Önsöz

Değerli Akademisyenler, Değerli SMGM Üyeleri, Sektörümüzün Kıymetli Temsilcileri,

Çatı ve cephe sektörü ile akademi dünyasını buluşturan 'Çatı & Cephe' sempozyumlarının 7'ncisini gerçekleştirmenin mutluluğunu yaşıyoruz. 2004 ve 2005 yıllarında Çatı ve Cephe Fuarı bünyesinde, 2006 ve 2008 yıllarında İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde gerçekleştirdiğimiz sempozyumun, 5'incisini İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi'nde, 6'ncisini Bursa Uludağ Üniversitesi'nde düzenledik. Bugüne kadar tüm sempozyumlarımız, sektör temsilcileri ve akademisyenlerin yanı sıra, ilgili tüm kesimlerin geniş katılımıyla gerçekleşti.

7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu'na, Yıldız Teknik Üniversitesi ev sahipliği yapıyor. Çatı ve cephe sektörü ile üniversitelerimiz arasındaki iş birliğini geliştirmek, çatı ve cephe konusunda toplumsal bilinci artırmak, güncel ve doğru bilgiye en kolay biçimde ulaşmak amaçları ile düzenlediğimiz sempozyum, giderek daha çok ilgi görüyor. Bu yıl düzenlediğimiz sempozyum ile bugüne kadar yapılmış bilimsel ve teknik araştırma ile geliştirme-uygulama çalışmalarının yanı sıra çatı ve cephe sistemlerinin tasarım, yapım, kullanım, bakım, onarım ve dönüştürme süreçlerinde yer alan konsept, malzeme ve teknoloji alanlarındaki gelişmeleri paylaşmayı amaçlıyoruz. Sempozyum ayrıca Türkiye'de çatı ve cephe sistemleriyle ilgili süreçlerde yer alan tasarımcıları, malzeme üretici ve dağıtıcılarını, uygulamacıları, araştırmacıları ve ilgili diğer meslek gruplarını bir araya getirerek, sektörün gelişmesine zemin oluşturacak. Bu bağlamda dünyada geçerli teknoloji ve standartlara ulaşarak yenilerini belirlemek için iş birliği olanaklarının geliştirilmesini de hedefliyoruz. 7. Çatı & Cephe Sempozyumu aynı zamanda, Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi'nce SMGM kapsamında değerlendiriliyor.

Sempozyumda yer alan bildiriye baktığımızda birçok farklı konunun yer aldığını görüyoruz ve bunu çeşitliliği yakalamak açısından çok önemli buluyoruz. Çatı ve cephe sistemlerini, bileşenler, performans, süreçler, görsel etkiler, yasal olanaklar, sınırlamalar, sigortalar, iş güvenliği, sürdürülebilir çatı ve cephe sistemleri gibi başlıklarla kategorize ederken, tarihi yapı ve çatıları da göz ardı etmeyeceğimiz bir sempozyum gerçekleştireceğiz.

Bu güne kadar gerçekleştirmiş olduğumuz 6 sempozyumda sunulan ve ana başlıkları bildiri kitapçığımızın arkasında verilen toplam 136 bildiriye ve 7. sempozyumda sunulan 33 bildiriye, www.catider.org.tr adresinde yer alan "Yayınlar - Sempozyum Bildirileri" bölümünden ulaşabilirsiniz.

7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu'nun düzenlenmesi ve gerçekleştirilmesinde emeği geçen Yürütme Kurulu Başkanı ve Üyelerine, Bilimsel ve Teknik Kurul Üyelerine, YTÜ Mimarlık Fakültesi Dekanlığı'na, İstanbul Mimarlar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi 'ne, İstanbul Mimarlar Odası'na, organizasyona sponsor olarak katkı sağlayan BRAAS, ONDULİNE, BTM, 3M ve ATERMİT firmalarına teşekkür ederiz.

İki yılda bir düzenlediğimiz sempozyum ile Türkiye'nin çeşitli üniversitelerinde yeniden bir araya geleceğiz. Tüm katılımcılara ilgileri için teşekkürlerimizi sunarız.

Saygılarımızla,

M. Nazım Yavuz

ÇATIDER Yönetim Kurulu Başkanı

Sempozyum Yürütme Kurulu

Prof. Dr. Nihal Arıoğlu	İ.T.Ü	Dr. Caner Göçer	İ.T.Ü
Prof. Dr. Nilüfer Akıncıtürk	U.Ü	Atila Gürses	Y. Mimar - Onduline
Prof. Dr. Nil Türkeri	İ.T.Ü	Adil Baştanoğlu	Mimar - Arımeks
Yrd. Doç. Dr. Cem Altun	İ.T.Ü	M. Nazım Yavuz	Çatıder Y.K. Başk.
Yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar	Y.T.Ü	Mehmet Öztürk	Mimar - Çatıder
Yrd. Doç. Dr. Hikmet Gökmen	D.E.Ü	Jozef Bonfil	İnş. Müh. - BTM
Yrd. Doç. Dr. Sevgül Limoncu	Y.T.Ü	Lebriz Akdeniz	İnş. Müh.- Ytong
Yrd. Doç. Dr. Ülger Bulut	A.Ü	Süleyman Mazlum	Mimar
Ar. Gör. Seda Serbest	Y.T.Ü		

Bilimsel ve Teknik Kurul

Başkan: Prof. Dr. Nihal Arıoğlu

Unvan - İsim	Kurumu	Unvan - İsim	Kurumu
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener	(İTÜ)	Doç. Dr. Hüseyin Kahvecioğlu	(İTÜ)
Prof. Dr. Atilla Orbay	(DEÜ)	Doç. Dr. M. Birgül Çolakoğlu	(YTÜ)
Prof. Dr. Cengiz Bayülgen	(Maltepe.Ü)	Doç. Dr. Murat Taş	(Uludağ Ü)
Prof. Dr. Eti Akyüz Levi	(DEÜ)	Doç. Dr. Mustafa Özgünler	(MSGSÜ)
Prof. Dr. Fevziye Aköz	(YTÜ)	Doç. Dr. Nilüfer Taş	(Uludağ Ü)
Prof. Dr. Gül Koçlar Oral	(İTÜ)	Doç. Dr. Özlem Köprülü Bağbancı	(Uludağ Ü)
Prof. Dr. H. Çetin Türkçü	(DEÜ)	Doç. Dr. Pelin Dursun	(İTÜ)
Prof. Dr. Leyla Tanaçan	(İTÜ)	Doç. Dr. S. Cengiz Yesügey	(DEÜ)
Prof. Dr. Murat Soygeniş	(YTÜ)	Doç. Dr. S. Müjdem Vural	(YTÜ)
Prof. Dr. Nihal Arıoğlu	(İTÜ)	Doç. Dr. Seden Özgünler	(İTÜ)
Prof. Dr. Nil Türkeri	(İTÜ)	Doç. Dr. Yüksel Demir	(İTÜ)
Prof. Dr. Nilüfer Akıncıtürk	(Uludağ Ü)	Yrd. Doç. Dr. Çiğdem Çelik Tekin	(MSGSÜ)
Prof. Dr. Nuran Kara Pilehvarian	(YTÜ)	Yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar	(YTÜ)
Prof. Dr. Oğuz Cem Çelik	(İTÜ)	Yrd. Doç. Dr. M. Cem Altun	(İTÜ)
Prof. Dr. Orcan Gündüz		Yrd. Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt	(İTÜ)
Prof. Dr. Seda Tönük	(YTÜ)	Yrd. Doç. Dr. Ülger Bulut	(Arel Ü.)
Doç. Dr. Aslıhan Tavil	(İTÜ)	Adil Baştanoğlu	(Arımeks)
Doç. Dr. Emrah Acar	(İTÜ)	Atila Gürses,	(Onduline A.)
Doç. Dr. Filiz Şenkal Sezer	(Uludağ Ü)	Jozef Bonfil	(BTM),
Doç. Dr. Hakan Yaman	(İTÜ)	Levent Ünüvar	(Ünar Yapı)
Doç. Dr. Hakan Yaman	(İTÜ)	Mehmet Etili	(Skyline)

Sunuş

7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumunun Değerli Katılımcıları

Yıldız Teknik Üniversitesi ev sahipliğinde gerçekleştirmekte olduğumuz bu birliktelikte bizlere kapılarını açan Yıldız Teknik Üniversitesi Rektörlüğüne, Mimarlık Fakültesi Dekanlığına, Mimarlık Bölüm Başkanlığına, mesleki çalışmalarını bizlere ileten tüm akademisyenlere, yürütme ve bilimsel-tekni k kurul üyelerine, hakemlerimize, sponsorlarımıza, çatı - cephe malzemeleri sektörünün değerli üyelerine, Çatı Sanayici ve İşadamları Derneğine ve özellikle şimdiye kadar gerçekleştirdiğimiz sempozyumlarda özverili katkılarından dolayı dernek sekreteri Mehmet Öztürk'e Sempozyum Yürütme Kurulu, şahsım, meslektaşlarım ve yakın gelecekteki meslektaşlarımız olacak öğrencilerimiz adına teşekkür ederim ve sizleri sevgiyle, saygıyla selamlarım.

Değerli Katılımcılar, çatı ve cephe sistemlerindeki tüm süreçlerde söz konusu olan konsept, malzeme ve teknoloji alanlarındaki çalışmaları paylaşmak, tartışmaya açmak yoluyla sektörel bilginin kullanımını, dağıtımını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiş ve gelecekteki kullanıcılara ışık tutacak bir arşiv niteliğinde olan bundan önceki sempozyumlarda işlenen konulara bu sempozyumda yenileri eklenmiştir.

Sempozyumlarda işlenen belirli konu başlıkları; Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri, Performansları, Yer alan Süreçler, Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri, Çatı ve Cephe Sistemlerinde Görsel Etki, Yasal Olanaklar, Sınırlamalar ve Sigorta, Çatı ve Cephe Sistemlerinin Yapım ve Onarım Süreçlerinde İş Güvenliği, Tarihi Yapılarda Çatı ve Cepheler, Yenilikçi Çatılar olarak gruplanmıştır.

Özellikle her geçen gün daha da büyüyen enerji sorunu ve iklimsel değişkenlik nedeniyle araştırmacıların var olan bilgiyi işlerken yeni çözümlere ve oluşumlara ışık tutacak fikirleri üretebilmeleri gerekmektedir. Yeni fikirlerin üretilebilmesi içinse var olan bilginin çok iyi araştırılması, yorumlanması, hayal gücünün zorlanması ve tabii ki gece okumalarının sürekliliği önem kazanmaktadır. Değerli araştırmacılar, doğru planlanmış, programlanmış tüm araştırma önerileri çeşitli kurumlar tarafından sürekli desteklenmektedir. Azimli olan bir araştırmacının maddi ve manevi destek bulacağından kuşku duyulmamalıdır. Bu bağlamda, araştırma ve geliştirmenin toplumsal gelişmemizi hızlandıracak potansiyeli büyük bir eylem olduğunu ve her bir eylemin mutlaka endüstriye katkı getirebileceğini bir kez daha hatırlatmak istiyorum. Bilinen şu ki başarı rastlantısal değildir ve özverili gece okumalarını gerektirir.

Geleceğin Türkiye'sinde, Yapı üretim sürecinin tüm aşamalarında kaliteye önem veren, sürdürülebilir ve ülkemiz yararını doğrultusunda bilgi üretme, geliştirme ve pazar isteklerine uygun şekillendirmede biz akademisyenlere büyük görevler düştüğünü bir kez daha vurgulayarak şahsım ve Sempozyum Yürütme Kurulu adına saygılar sunuyorum. Bir sonraki baharda görüşmek dileğiyle.

Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU

İçindekiler

Yapılarda Gazbeton Paneller İle Alternatif Çözümler	7
Ahşap Dış Cephe Kaplama Elemanları	15
Eğimli ve Kabuk Yüzeylerde Yeşil Çatılar	25
Yapısal Perspektiften Yeşil Çatılar	33
Çatıda Kullanılan Polikarbonat Levhaların Analizi	41
Alkali Tuz İçeriğinin Geopolimer Cephe Kaplama Malzemesi Özelliklerine Etkisi	51
Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Malzemenin Yüksek Sıcaklıkta Hasar ve Gaz Emisyonuna Göre Analizi	59
Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım Ahşap Polimer Kompozitler	67
Enerji Etkin Tasarımın Çatı ve Cephelere Yansımaları	75
Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri ve Kentsel Tarım Olanakları	85
Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi	91
Beton Esaslı Prefabrikte Dış Duvarlarda Seçenek Özelliklerinin Tanımlanması	101
Bina Cephelerinin Yenilenmesinde Kullanılan Stratejiler	109
Çatı Sarnıcı	121
Spor Yapılarında Sürdürülebilir Çatı ve Cepheler	129
Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri	139
Nefes Alan Yapı Kabukları	149
Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik	159
İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Çatı Eğimlerinin Değerlendirilmesi	169
Cephelerde Yangın Oluşumu ve Yayılımı	179
Enerji Verimli Yapı Kabuğunun Yangın Anındaki Davranışı: Cephe Yangınları	191
EPS Kalıplı Betonarme Yapıların, Gazbeton Duvarlı Betonarme Karkas Yapılarla Isı Yalıtımı ve Maliyet Yönünden Karşılaştırılması	201
Alüminyum ve Cam Giydirme Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması Performans Açısından Değerlendirilmesi	209
Eğimli Çatı Konstrüksiyonlarında Havalandırma ve Yoğuşma Kontrolü	219
Cephe Kaplama Tuğlasının Kullanım Performansı Üzerine Bir Değerlendirme	231
Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Kaplaması Olarak Değerlendirilme Potansiyeli	239
Konya Çevresindeki Selçuklu Dönemi Tarihi Yapıların Çatı ve Cephelerinde Su-Nem Etkilerinin Araştırılması	249
Restore Edilen Binalarda Çatı Tasarımı, İstanbul'da Çelik Taşıyıcı Sistemli Bir Çatı Örneği	257
Geleneksel Ahşap Yapıların Özgün Çatı ve Cephe Detaylarının Bursa Görükle Köyü Örneklerinde İncelenmesi	267
Konutlarda Çatının İç Mimariye ve Mekan Tasarımına Yansımaları ve Çatı Katı Örneği	275
Uzay Kafes Sistemlerle Yaratılabilecek Üst Örtülerin Yüzey Geometrilerinin İncelenmesi: Heydar Aliyev Merkezi Örneği	285
Çatı Ve Cephelerin Yapım ve Onarım İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Yasal Düzenlemeler	293
Mevzuatta Yapılan Yeni Değişiklikler ile Yüksekte Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği	305

Yapılarda Gazbeton Paneller İle Alternatif Çözümler

Aziz Görkem Saran¹

Konu Başlık No: 1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Yapı tasarımında, yapı için gerekli konfor şartlarının sağlanması, yapının içerisinde yaşayan insanları psikolojik ve fiziksel açıdan olumlu yönde etkilemektedir. Bu durum insanların daha sağlıklı, daha üretken bir yaşam sürmesine imkan sağlamaktadır. Yapıların ısı, işitsel,görsel vb. konfor şartlarının oluşturulmasında çatı ve cepheler önemli rol oynamaktadır. Ayrıca yapılarda ısı konforunun sağlanması, enerji kaynaklarımızın azaldığı çağımızda, enerjinin korunumu ve sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Gazbeton donatılı duvar ve çatı panelleri, yapıların çatı ve cephelerinin uygun konfor şartlarında oluşturulması açısından yeterli çözümler sunmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER:

Çatı, cephe, gazbeton, panel, yalıtım, yangın.

¹ Aziz Görkem SARAN, Türk Ytong San. A.Ş. Pendik/ İSTANBUL, 02163966600, 02163968294, agsaran@ytong.com.tr

1. GİRİŞ

Yapılarda çatı ve cephe, yapıyı dış hava koşullarından ayıran “kabuk” görevinin ötesinde, yapının konfor şartlarını belirleyen, mimari ve estetik açıdan yapıya anlam katan önemli iki unsurdur. Isı yalıtımı, ses yalıtımı, su yalıtımı vb. konfor şartlarının sağlanması, binaları çevreleyen cephe ve çatıların uygun detaylar ile çözümüne bağlıdır. Seçilen detayların gerekli konfor şartlarını sağlamanın yanında, statik açıdan yeterli ve uzun ömürlü olmasına da dikkat edilmelidir.

Binalarda ısı yalıtımı, enerji kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir kullanımı açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yapılarda kullanılan enerjinin büyük bir bölümü, binaların ısıtılması ve soğutulması için harcanmaktadır. Mevcut kaynakların daha verimli kullanılması amacıyla, binalarda meydana gelen ısı kayıplarının en aza indirilmesi önemlidir. Binalarda oluşan ısı kayıplarının büyük bir bölümü, binayı çevreleyen ve onu dış hava şartlarından ayıran cephe ve çatılardan kaynaklanmaktadır. Bu sebeple bina kabuğunu oluşturan cephe ve çatı elamanlarının, ısı kayıplarını en aza indireyecek şekilde uygun detaylar ile çözümü, yapı tasarımının öncelikli konuları içerisinde yer almaktadır.

Isı yalıtımının yanında, yapıların cephe ve çatılarında yangına karşı alınacak tedbirler de tasarımın önemli konuları arasında yer almaktadır. Özellikle ısı yalıtımı açısından kullanılan eps, xps vb. yanıcı nitelikteki malzemeler, çoğu zaman yapılarda meydana gelen yangınların sebebi veya tetikleyicisi olabilmektedir. Ülkemizde yürürlükte olan yangın yönetmeliği, binaların özelliklerine ve kullanım şekline göre bina cephelerinde ve çatılarında bu tür yanıcı malzemelerin kullanımını sınırlandırmakta veya tamamen yasaklamaktadır.

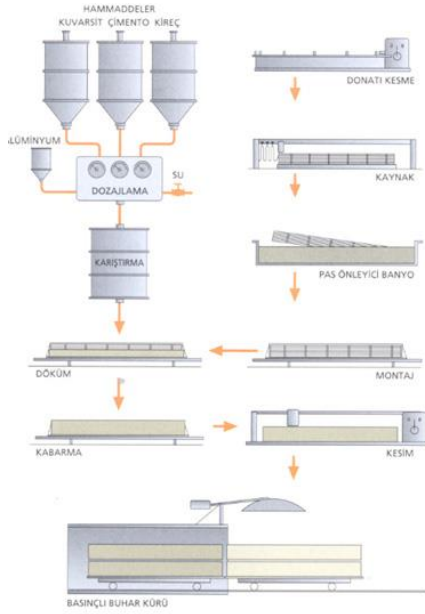
Ses yalıtımı da ısı yalıtımı ve yangın dayanımı gibi yapı tasarımını etkileyen faktörlerden bir diğeridir. Yapının kullanım amacı, bulunduğu çevre vb. diğer özellikleri dikkate alınarak, yeterli ses yalıtımına sahip olması, bina içerisinde daha konforlu bir yaşam oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Yapıların çatı ve cepheleri, yapının kullanım amacına, bulunduğu konumun çevre koşulları ve mimari dokusuna göre de farklılıklar göstermektedir. Örnek olarak; kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde yapılacak yapıların çatı eğimi, bu bölgelere göre daha az kar yağışı alan bir bölgede yapılacak çatıya göre daha dik olmalıdır. Bunun yanında bir yapının konut olarak tasarlanması durumundaki seçilen cephe detayları, iş merkezi veya sanayi yapısı olarak tasarlanan yapılardan farklılıklar göstermektedir.

2. GAZBETON DONATILI PANELLER

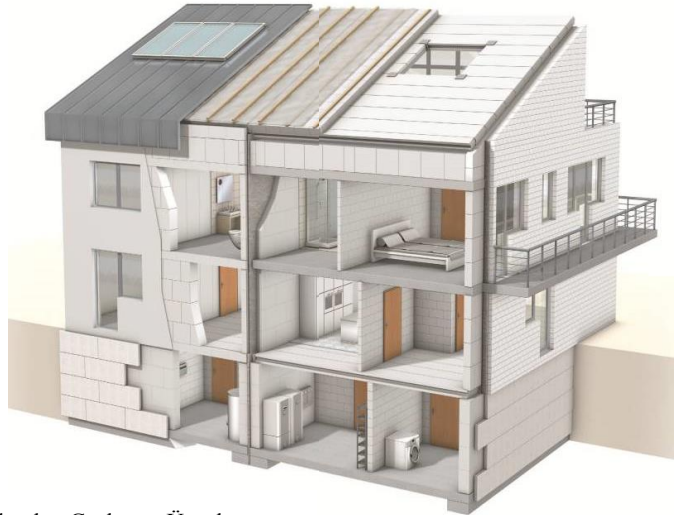
1963’den günümüze kadar gazbeton yapı malzemeleri, ülkemizde yapıların farklı bölümlerinde kullanılmaktadır. Gazbetondan oluşan duvar, döşeme, çatı, lento, söve ve yalıtım ürünleri, binalara hızlı, dayanıklı, çevreci ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

Gazbeton; kuvarsit, çimento, kireç, su karışımının, alüminyum tozu kullanılarak kabartılmasıyla oluşan hamurun, 12 atmosfer basınç ve 190 °C sıcaklık altında özel otoklavlarda sertleştirilmesi sonucu meydana gelir. Bu malzeme, bünyesindeki milyonlarca gözenek nedeniyle, ısı yalıtım değeri yüksek, hafif, depreme ve yangına karşı dayanıklı çözümler sunmaktadır. Gazbeton ürünler; duvar blokları, asmolen bloklar, çatı panelleri, döşeme panelleri, duvar panelleri, yalıtım plağı, sıva ve tamir malzemeleri gibi farklı ürün grupları ile karışımıza çıkmaktadır.



Resim 1: Gazbeton Üretim Prosesi

Gazbeton malzemeler; hafiflik, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangına dayanım, buhar difüzyonu, kolay işlenebilme gibi özellikleri bünyelerinde barındırmaktadır. Yoğunluklarına göre farklı sınıflarda üretilen bu malzemeler, yapılarda dolgu duvarı, taşıyıcı duvar, çatı döşemesi, kat döşemesi, lento, söve, asmolen dolgu, yalıtım plağı gibi farklı amaçlar için kullanılabilirlerdir.



Resim 2: Binalarda Kullanılan Gazbeton Ürünler

Yangınlar, patlamalar vb. olaylar, yapılarda önemli hasarlara yol açabilmektedir. (Resim 3) Bu hasarlar zaman zaman binanın taşıyıcı sisteminin işlevselliğini yitirmesine ve binanın yıkılmasına sebep olmaktadır. Yapılarda yangın sebebiyle oluşabilecek hasarları engellemek için, yapıda kullanılacak cephe ve çatı elemanlarının, yangına karşı azami direnci gösterecek ve oluşabilecek herhangi bir yangını bulunduğu yerde hapsedebilecek nitelikte olması kaçınılmazdır. Gazbeton donatılı elemanları TS EN 13501-1'e göre A1 sınıfı hiç yanmaz malzemeler içerisinde yer almaktadır. Ayrıca bu malzemelerin kullanıldığı yapı elemanları, kalınlıklarına ve işlevlerine göre, 60 dakikadan 360 dakikaya kadar yangın karşısında direnç gösterebilmektedir. (Resim 3) Bu sebeple gazbeton donatılı paneller, herhangi bir yangın felaketi sebebiyle oluşabilecek hasarların minimize edilmesinde en çok tercih edilen yapı elemanlarıdır.

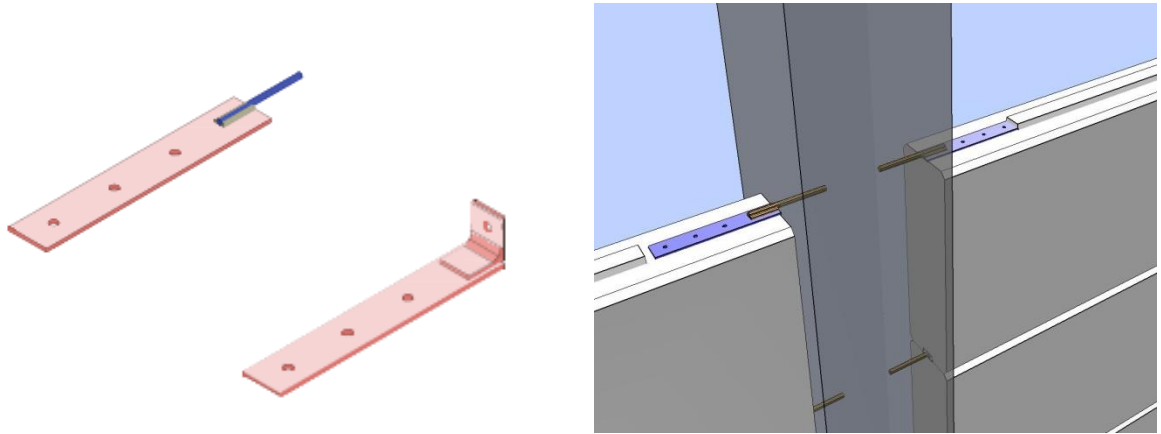


Resim 3: Gazbeton Malzemesinin Yangın Direnci

2.1 Gazbeton Donatılı Duvar Panelleri

Gazbeton duvar panelleri; içerisine yerleştirilen çelik hasırlar sayesinde, üzerine gelen yatay ve düşey yükleri taşıyabilen panel elemanlardır. Bu malzemeler 6 m boyuna kadar üretilebilmektedir. Standart genişlikleri 60 cm olan panellerin kalınlıkları 10 cm ile 30 cm aralığında değişmektedir. Gazbeton malzemesinin yoğunluğuna göre G3/05 ve G4/06 sınıfı üretilen bu panellerin, üretim sınıflarına göre ortalama basınç dayanımları değişmektedir.

Panellerin içerisindeki çelik hasırların adet ve çapları, basit kiriş prensibine göre, panellerin üzerine gelecek yükleri taşıyacak şekilde hesaplanır. Duvar panellerinde panelin altında ve üzerinde eşit çap ve adette 2 sıra hasır donatı yer almaktadır. Panel kesitleri lamba-zıvana geçmeli olarak üretilmektedir. Panellerin montajında mekanik bağlantılar kullanılmaktadır. (Şekil 1) Duvar panellerinin düşey veya yatay yönde montajı gerçekleştirilebilmektedir. Yatay uygulamalarda düşey taşıyıcılara, düşey uygulamalarda ise kiriş veya döşemelere iki ucundan bağlanarak uygulanmaktadır. (Şekil 2) Yatay uygulamalarda ekli duvar uygulaması yapılarak, ilave taşıyıcı gerektirmeden 8 m açıklık geçilebilmektedir.



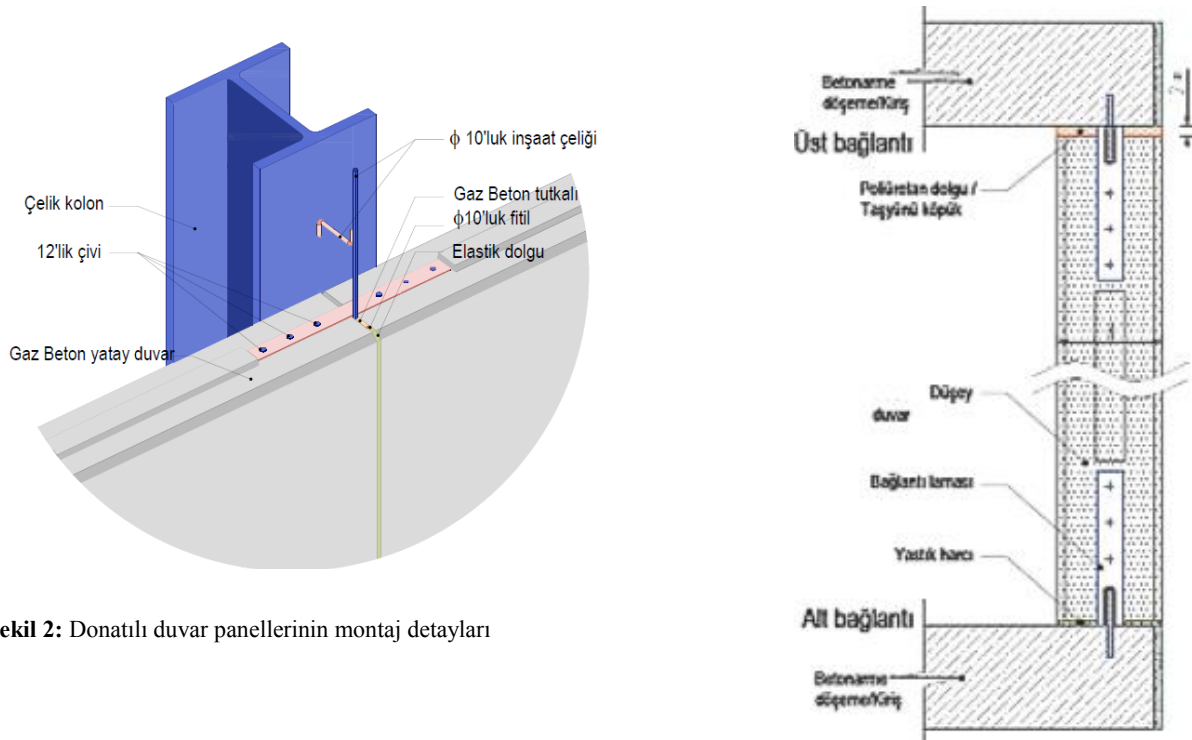
Şekil 1: Donatılı Gazbeton Duvar Panellerinde Kullanılan Örnek Montaj Elemanları

Bina cephelerinde kullanılan dolgu duvarların, binanın taşıyıcı sistemi ile uyum içerisinde, bütünlük, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın dayanımı vb. özellikleri eksiksiz bir biçimde yerine getirmesi beklenir. Taşıyıcı sistemi çelik olan yapılarda kullanılan konvansiyonel dolgu duvarların, yanal yükler etkisi altında bütünlüğünü koruyabilmesi ve taşıyıcı sistem ile birlikte çalışabilmesi için özel mekanik bağlantılar kullanılmaktadır. Buna rağmen bu tip konvansiyonel duvarlarda zaman zaman çatlakların meydana geldiği gözlenmektedir. Ayrıca geniş açıklıklara sahip duvarların imalatında, duvar

düzlemine gelen yanal yüklerin, taşıyıcı sisteme aktarılması amacıyla yatay ve düşey hatlılar yapılması gerekmektedir. Bu durum duvar imalatlarını zorlaştıran ve maliyetleri arttıran bir uygulamadır.

Gazbeton donatılı duvar panelleri, dolgu duvar imalatlarında karşılaşılan bu tip problemleri minimize eden, pratik ve hızlı bir çözüm olarak göze çarpmaktadır. Gazbeton donatılı duvar panelleri tasarımda, uygulamada ve kullanım aşamasında birçok avantajı beraberinde getirmektedir.

- Mekanik olarak taşıyıcı sisteme bağlanan bu elemanlar, hareketli mesnetleri ve duvar düzlemi boyunca oluşturduğu bütünlük özelliği sayesinde, geleneksel kargir duvarlarda oluşabilecek çatlamları minimize eder.
- Her bir panele uygulanan bağlantı elemanları ve panellerin arasında bulunan lamba-zıvana geçişler sayesinde, geniş açıklıklı duvarların hatlı vb. uygulamalara gerek kalmadan yapılmasına olanak sağlar.
- Geniş açıklıklara sahip duvarların paneller ile yapılması durumunda, 10 cm, 12,5 cm, 15 cm gibi ince kalınlıkların kullanılması ile duvarlardan döşemelere ve dolayısı ile yapıya etkileyen yükler azalmaktadır. Bunun yanında ince duvarların kullanılması ile yapının net kullanım alanı artmaktadır.
- Projeye özel üretilerek şantiyeye hazır bir şekilde ulaşan panellerin montajı sayesinde duvar imatları hız kazanmakta ve uygulamada fire oluşumu engellenmektedir.
- Milimetrik ölçülere ve düzgün bir yüzeye sahip panellerin kullanıldığı duvarlarda, sıva, boya vb. kaplama maliyetleri minimum seviyelere inmektedir.
- Paneller mekanik bağlantıları sayesinde sökülüp tekrar kullanılabilir özelliğine sahiptirler. Buldukları yerden rahatlıkla sökülerek tekrar kullanılabilirler.
- Gazbeton malzemesinden oluşan bu paneller, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın dayanımı vb. konfor ve güvenlik şartlarını tek başına sağlayabilen yapı malzemeleridir.



Şekil 2: Donatılı duvar panellerinin montaj detayları



Resim 4: Gazbeton Donatılı Duvar Paneli Örnek Uygulamalar

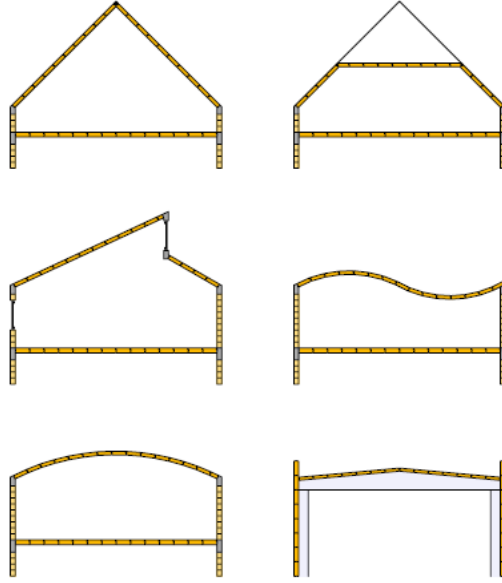
2.2 Gazbeton Donatılı Çatı ve Döşeme Panelleri

Gazbeton donatılı çatı ve döşeme panelleri de, donatılı duvar panelleri gibi içerisinde bulunan çelik hasır takviyesi sayesinde üzerine gelen yayılı yükleri yatay taşıyıcılara aktarabilen panel halindeki malzemelerdir.

Gazbeton donatılı çatı ve döşeme panelleri; hafiflik, sağlamlık, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, yangın yalıtımı vb. avantajları sayesinde, yapılarda hızlı ve ekonomik döşeme ve çatı imalatlarına olanak sağlamaktadır. Hesap ağırlıkları 720 kg/m^3 (G3/05 sınıfı) ve 840 kg/m^3 (G4/06 sınıfı) olan gazbeton çatı ve döşeme panelleri, sismik yüklere karşı yapının ağırlığının azaltılmasında önemli bir avantaj oluşturur.

Basit kiriş prensibine göre tasarlanan bu paneller, üzerine gelecek yayılı yükleri, her iki ucundan mesnetlendikleri taşıyıcılara aktarır. 90 kg/m^2 ile 1.000 kg/m^2 arasında yayılı yükleri taşıyabilen bu malzemeler, taşıyacağı yüke göre farklı boy ve kalınlıklarda üretilmektedir.

Gazbeton donatılı çatı panelleri; çatı düzleminin oluşturulmasında önemli avantajlar sağlamaktadır. Taşıyıcı sistemi çelik, betonarme vb. olan tüm yapılarda kullanılabilen gazbeton çatı panelleri, geleneksel çatı sistemlerinin yanında alternatif bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Üzerine gelen yayılı yükleri taşıyabilme özelliği sayesinde, ilave taşıyıcı elemanlara gerek kalmadan, üzerinde yürünebilir çatıların oluşturulmasına olanak sağlar. Çatı panelleri çelik çatılarda bir yüzey oluşturacak şekilde uygulandığında, diyafram etkisi oluşacağından ayrıca rüzgar bağlantısı yapılmasına gerek kalmaz. Yüksek ısı yalıtım özelliği sayesinde, enerji tasarrufu açısından uygun çözümlerden biridir. Söz konusu paneller; hafif olmalarının yanı sıra, yüksek ses yalıtımı özelliğine sahip olmaları, A-1 sınıfı yanmaz malzemeler içerisinde yer almaları ve buhar difüzyon direncinin düşük olması sebebiyle, güvenli ve konforlu bir çatı örtüsünün oluşturulmasına olanak sağlar. Gazbeton çatı panelleri sayesinde farklı tip ve formlarda çatılar oluşturulabilmektedir. (Şekil 3)



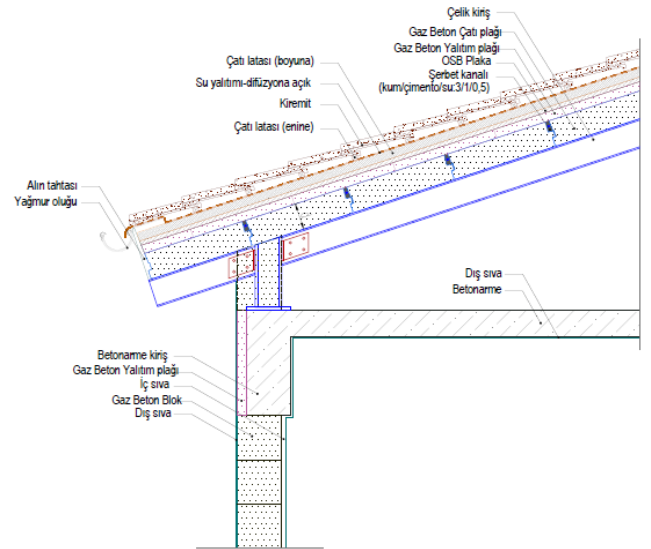
Şekil 3: Gazbeton Çatı Panelleri Kullanılarak Oluşturulabilecek Örnek Çatı Tipleri



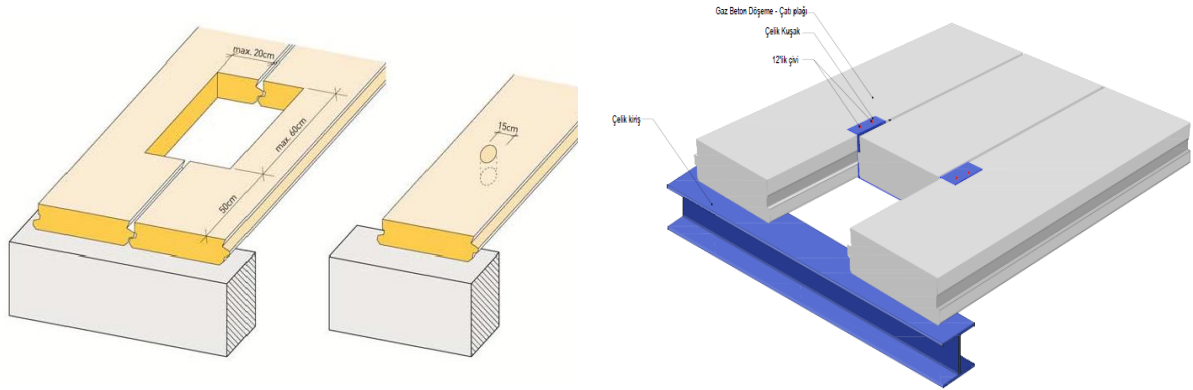
Resim 5: Gazbeton Donatılı Çatı Paneli Örnek Uygulamalar



Resim 6: Gazbeton Donatılı Çatı Paneli Örnek Uygulama



Şekil 4: Gazbeton Çatı Panelleri Montaj Detayları



Şekil 5: Gazbeton Çatı Panelleri ile Boşluk ve Baca Oluşturma Detayı

3. SONUÇ

Isı yalıtımı, su yalıtımı, ses yalıtımı, yangın dayanımı vb. özellikler bakımından daha konforlu yapıların tasarımında, cephe ve çatıların uygun detaylar ile çözümünün önemi büyüktür. Yapıların çehresini değiştiren, onlara anlam katan cephe ve çatı unsurları, yaşam alanlarına mimari zenginlik katmaktadır. Gazbeton donatılı paneller, yapıların cephe ve çatılarının oluşumunda alternatif çözümler oluşturarak, konfor şartlarını, detay yoğunluğunu azaltarak, tek bir malzeme ile çözümüne olanak sağlamaktadır. Bu malzemelerin yapılarda kullanımının artmasıyla birlikte daha konforlu ve daha güvenli cephe ve çatıların sayısı gün geçtikçe artış gösterecektir.

Kaynaklar

DIN 4223-1, Herstellung, Baustoffeigenschaften und Übereinstimmungsnachweise.

DIN 4223-2, Entwurf und Bemessung von Bauteilen mit statisch anrechenbarer Bewehrung.

DIN 4223-3, Entwurf und Bemessung von Wänden mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung.

DIN 4223-4, Anwendung von Bauteilen mit statisch anrechenbarer Bewehrung.

DIN 4223-5, Sicherheitskonzept.

Dach – und Deckensysteme, Sicher Planen und Bauen, DAS BAUBUCH (2011/2012), pp. 278-335.

TS EN 12602, Önyapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları, Türk Standardı, Ocak 2011

Storlie, V.L. (May 2009), Behavior of Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Floor Diaphragms Subject to In-Plane Reverse Cyclic Loading, Civil and Architectural Engineering and The Graduate School of the University of Wyoming, USA

ACI 523.4R-09, American Concrete Institute (ACI), Guide for Design and Construction with Autoclaved Aerated Concrete Panels, June 2009.

Borhan, B., Ytong Yapı Elemanlarının Tanımı ve Kullanma Yöntemleri, Ytong El Kitabı 2 (8. Baskı), sayfa 53-82

AHŞAP DIŞ CEPHE KAPLAMA ELEMANLARI

Gülru Koca¹

Nusret As²

Nihal Arıoğlu³

Konu Başlık No: 1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Bu çalışmada yapı dış cephelerinde ahşabın kullanımı irdelenmiştir. Değişen ve modernleşen yapım teknikleri sonucu günümüzde pek çok farklı yapı malzemesi dış cephe kaplaması olarak kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze avantajlı özelliklerinden dolayı en sık kullanılan malzemelerden biri olan ahşap da bu malzemeler arasında yer almaktadır. Masif halde de kompozit halde de kullanılabilen malzeme çevresel etmenlere yüksek dayanım gösterebilme özelliğinden dolayı sıklıkla kompozit halde kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin de yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi ve ömrünün daha da uzatılması için farklı yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

İnşaat sektörüyle ilgili yapılan istatistikler değerlendirildiğinde; ülkemizin ağaç ve orman ürünleri ithalat ve ihracatı her geçen yıl artmakta, yani malzemelerin inşaat sektöründeki kullanımları artmaktadır. Türk Yapı Sektörü Raporu 2012'nin verilerine göre; son beş yıllık süreçte ahşap inşaat malzemeleri ihracat ve ithalatının iki kattan daha fazla büyüme yaşadığı görülmekte ve bu büyüme etkileri dış cephe kaplamalarına da yansımaktadır. Bununla birlikte; konut yapılarında ahşap malzemenin avantajlı özelliklerinden dolayı sık tercih edilmeye başlanması da kullanımının artmasına destek vermektedir.

Anahtar Kelimeler

Masif ahşap, kompozit ahşap, ahşap cephe kaplama, yapı malzemesi

¹ Yrd.Doç.Dr. Gülru Koca Işık Üniversitesi GSF, Maslak, İST., tel: 2122864911/6005, faks: 2122865796, gulrukoca@hotmail.com

² Prof.Dr. Nusret As İstanbul Ü. Orman Fak., Bahçeköy, İST., tel: 2122261100, faks:2122261113, nusretas@istanbul.edu.tr

³ Prof.Dr. Nihal Arıoğlu İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taksim, İST., tel:2122452753, faks:2122514895, arioglu@itu.edu.tr

1. Giriş

Bina iç ortamının yapının kullanım amacına göre diğer ortamdan ayrılması amacıyla duvarların yapımı ve bu duvarların kaplanması inşaat sektörü için önemli bir uygulama alanıdır. Dış cephe tanım olarak; bina içi ortamı dış ortamdan ayıran, su, rüzgâr, güneş, ışık, sıcaklık gibi etmenlere karşı koruyan, taşıyıcı olmayan dış kabuk olarak tanımlanabilir. Yeni inşa yöntemlerinin ve malzeme türlerinin gelişimi, enerji tasarrufuna yönelik uygulamaların zorunlu hale gelmesi gibi sebepler dış cephe kaplamalarıyla ilgili uygulamaları daha karmaşık hale getirmekle birlikte çeşitlenmesine de sebep olmuştur (1).

Dış cephe elemanları günümüzde iki farklı şekilde oluşturulmaktadır. İlkinde mevcut bir duvara kaplama malzemesi doğrudan monte edilmekte; ikincisinde ise birleşim elemanı, yalıtım katmanı ve kaplama olmak üzere birkaç katmandan oluşan bir sistem olarak üretilip yapıya bağlanmaktadır. Kaplama elemanı olarak çok farklı malzemelerin kullanımı mümkün olabilmektedir.

Dış cephe kaplamada kullanılacak malzemelerin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler; atmosfer etkilerine karşı dayanım, güneş ışınlarına dayanım, ısı değişikliklerine bağlı genleşme ve büzülme etkilerine dayanım, rutubet değişikliklerine bağlı daralma ve genişleme etkilerine dayanım, yağış suları ve don etkileriyle bozulmama gibi sıralanabilir. Ayrıca bu malzemelerin estetik ve ekonomik, güvenli ve sürdürülebilir olması da gerekmektedir (2).

Dış cephe kaplamada çok çeşitli malzeme kullanımı söz konusudur. En çok kullanılan malzemeler; siva, cam, seramik, doğal ve yapay taş, polimer, metal ve ahşap olarak sıralanabilir. Yukarıda sayılan kullanım yeri isteklerini karşılayabilmelerine göre tüm malzemeler değerlendirildiğinde ahşabın doğal özelliklerinden dolayı en çok tercih edilen malzemelerden biri olduğu söylenebilir.

2. Ahşap Cephe Kaplamaları

Sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde; ahşabın uzun ömürlü ve geri dönüşümü olan bir malzeme olduğu bir gerçektir. Ormanlardaki ağaçların karbon salınımının azalmasında önemli bir rolü olması ahşabın, beton ve çelik gibi üretimleri esnasında karbon salınımını artıran malzemeler karşısında avantajlı duruma gelmesine neden olmaktadır (3, 4). İskoç Ormancılık Komisyonu'nun yapmış olduğu araştırmaya göre yapılarda ahşap malzeme kullanımının artırılması halinde açığa çıkan karbon gazı miktarı yaklaşık altıda biri kadar olmaktadır. Buna ait karşılaştırma verileri Tablo 1'de sunulmuştur (5).

Tablo 1. 4 katlı bir yapının geleneksel yapı malzemeleri ve ağırlıklı ahşap malzeme kullanımı ile yaptığı karbon salınımı değerlerinin karşılaştırılması

Yapı elemanları	Tipik malzeme CO ₂ (ton)	Ağırlıklı ahşap malzeme CO ₂ (ton)
Temeller	4,7	4,7
Döşemeler	39,9	1,0
Tavanlar	2,3	2,3
Taşıyıcı	15,44	-3,17
Dış duvarlar	32,1	-9
İç duvarlar	8,7	8,7
Merdivenler	1,1	1,1
Pencereler	0,6	0,1
İç kapılar	-0,4	-0,4
Dış kapılar	0,6	-0,4
Çatı	23,4	17,3
TOPLAM	128,3	21,8

Ahşap malzeme geleneksel yapı malzemelerinden biri olması sebebiyle cephe kaplaması olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Endüstri Devriminin öncesindeki dönemlerde masif olarak kullanılan

malzeme Endüstri Devrimi'nin ardından gelişen teknolojiler sonucu ahşap kompozit olarak da kullanılmaya başlanmıştır ve son yıllarda ağırlıklı olarak ahşap kompozitler bu alanda kullanılmaktadır.

Ahşabın en önemli kullanım sebeplerinden biri de malzemenin insanlarda yarattığı olumlu etkidir. Japonya'da iç duvar kaplaması olarak kullanılan ahşap malzeme ve metal malzeme ile yapılan deneylerde deneklerin ahşap malzemedeki fizyolojik ve psikolojik olarak olumlu etkilendiği gözlemlenmiştir (6).

2.1. Masif Ahşap Kaplama Elemanları

Masif kaplamalar, ahşabın biçilmesi ile elde edilen belirli kalınlık ve boyutlara sahip malzemelerdir ve mevcut duvara yatay veya düşey olarak uygulanırlar. Masif malzeme nem etkisiyle genişleme ve daralma yapacağından masif malzemenin çok geniş olmaması gerekmektedir (2).

Bu malzemelerin uygulanabilmesi için duvara önce kaplama yönüne dik olacak şekilde bir ızgara oluşturulur. Ahşap malzemenin en büyük sorunlarından birinin su ve su buharından etkilenmesi olmasından dolayı malzeme su geçirmeyecek şekilde profillendirilir ve galvanize çivilerle ızgaraya çakılır. Ahşap malzeme üretim aşamasında uygun şekilde ve belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulmalıdır (2).

Bununla birlikte; masif kaplamaların kullanım ömrünün malzeme türü ve özellikleri ile de ilişkili olduğu bilinmektedir. Masif dış cephe kaplamalarının geometrik kararlılıkları ile ilgili yapılan bir araştırmada, sarıçamın ladine göre daha kolay ıslanıp daha geç kurduğu belirlenmiştir. Bu sonuç ağaç türlerinin içyapılarının fiziksel davranışlarındaki etkisini ifade etmektedir (7).

Bazı kaynaklarda ayrıca su buharının hareketinden ve açıyla gelen yağmurun etkisinden dolayı malzemede oluşabilecek yoğuşma etkilerini engellemek için kaplamanın uygulanacağı duvarın iç yüzeyine bir buhar kesici eklenmesini de önermektedir (8).

Ayrıca kullanılacak olarak malzemenin kimyasal olarak işlem görmüş olması da faydalıdır. Böylelikle mikroorganizmaların oluşumu engellenerek malzemenin ömrü uzatılabilir.

Çam ahşabı kullanılarak yapılan bir araştırmada asetilasyon işleminin ahşabın çekme mukavemetini olumsuz etkilemesine rağmen boyutsal kararlılığını ve suyu itme kabiliyetini artırdığı ortaya konmuştur (9)

Son yıllarda sürdürülebilirlikle ilgili bazı kaygılardan dolayı kaynak tüketiminin azaltılmasına yönelik uygulamalar gerçekleşmiş ve kompozit malzeme kullanımı yaygınlaşmıştır. Bunun sonucunda masif malzeme ekonomik olarak da dezavantajlı hale gelip, daha az kullanılır olmuştur. Bununla birlikte; ormanlarda silvikültürel tedbirler alınarak ve sertifikalı kereste kullanımını sağlayarak hem kaynak tüketiminin azalmasını önüne geçilebilir, hem de daha fazla doğal malzeme kullanımı mümkün olabilir (4).

2.2. Kompozit Kaplamalar

Kompozit malzemelerin ortaya ilk çıkma nedeni nüfus ve kentleşmenin artması sonucu malzemelerin aşırı ve kontrolsüz şekilde tüketilmesini önlemektir. Orman alanlarının azalmasındaki en önemli sebeplerden biri olan bu problem, malzemelerin en ufak parçalarına ayrılıp sonradan farklı bileşenlerle bir araya getirilmeleri ile çözümlenmiştir (10).

Ayrıca son yıllarda ABD'de sürdürülebilirlik kapsamında yapılan çalışmalarda palet ve konteynir üretiminde kullanılan ahşap malzemelerin yeniden değerlendirilmesi ile farklı malzemelerin üretimi denenmekte ve oldukça olumlu sonuçlar alınmaktadır. Bu şekilde sunta, MDF, kontrplak, ahşap-çimento kompozitleri gibi pek çok malzeme üretimi yapılabilmektedir. Bu malzemelerin diğer

kompozitler karşısında kalite olarak daha avantajlı olma özellikleri bulunmakla birlikte nispeten daha pahalı sayılabilirler (11).

Kompozit malzemeler dış cephe kaplaması olarak daha sık tercih edilen malzemelerdir. Bunun en önemli sebeplerinden biri bu malzemelerin daha büyük boyutlarda üretilebilme imkânına sahip olması ve bu nedenle su geçirme riski olan birleşim noktalarının azalmasıdır. Malzeme boyutlarının fazla olması uygulama kolaylığını da artırmaktadır. Çevresel etmenlerden masif malzemelere oranla daha az etkilenen bu malzemeler ayrıca çok çeşitli görsel alternatiflere de sahiptir (10, 12).

Cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap kompozitler sıklıkla sudan etkilenmeyen özel reçinelerle bir araya getirilmiş ve yüzleri fenol ya da melamin tabaka kaplı kontrplak, kontratabla veya MDF olarak seçilmektedir. Masif malzeme de kompozit malzeme de suyu geçirmeyecek şekilde detaylandırılarak bir araya getirilmeli ve galvaniz vidalarla tutturulmalıdır. Ayrıca su ile doğrudan bir araya gelecek bir seviyeden başlatılmamasına da dikkat edilmelidir (2).

Kompozit malzemelerle ilgili en önemli problemlerden biri bu malzemelerin formaldehit ve uçucu gaz emisyonlarının yüksek olmasıdır. Bu değerlerin belirlenen standartların üzerinde olması sağlık için problem yaratmaktadır. Avustralya’da farklı kompozit malzeme örnekleriyle oda boyutundaki çevre ölçüm kabinlerinde yapılan ölçümlere göre; numunelerin iç mekana yaydıkları formaldehit emisyon değerinin Avrupa standartlarının iki misli yüksek olması yanı sıra birkaç ay boyunca da seviyesini korumuş ve zararlı bir seviyede kalmıştır. Bu sorun formaldehit oranı düşük tutkallar kullanılarak aşılabılır. Bununla birlikte; kompozit ahşap malzemelerin karbon emisyonları diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında oldukça azdır (13).

2.3. Ahşap Cephe Kaplamalarının Performansı

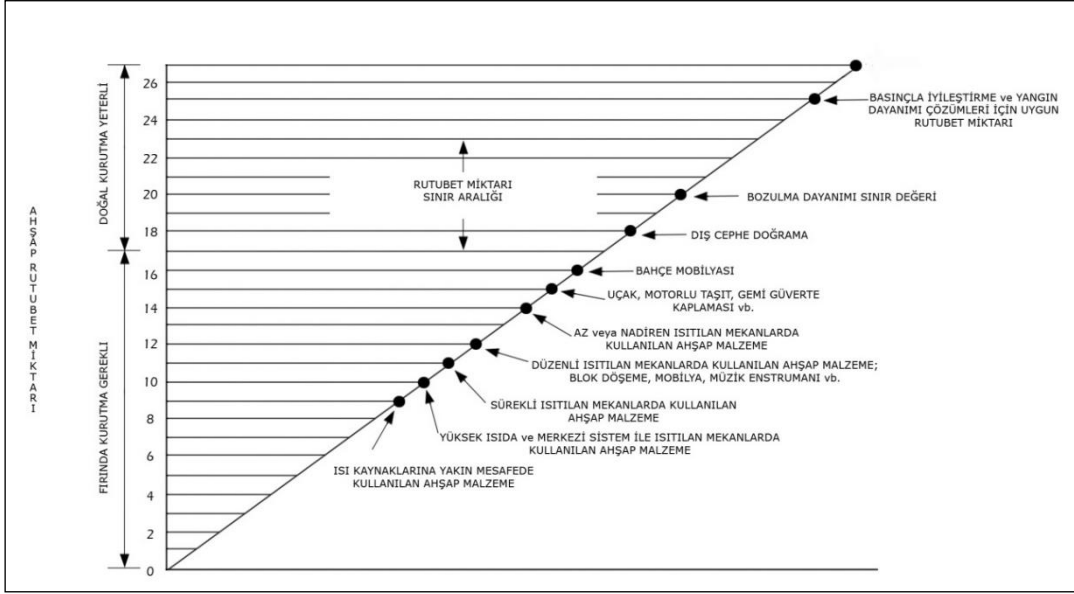
Ahşabın karşılaştığı en büyük problemlerden biri çevresel etmenlerden etkilenmesidir. Masif ahşap da kompozit ahşap da rutubet aldığında genişler ve deforme olabilir. Masif malzeme kompozit malzemeye göre doğal olması sebebiyle daha dayanıksızdır.

Masif malzemenin çevre etkilerine karşı daha dayanıklı olabilmesi için öncelikle uygun olan ağaç türünü seçmek gerekir. Belirli boyutlardaki öz odun numunelerinin toprağa gömülmesi ile yapılan araştırmalarda en azından fikir vermesi amacıyla bazı ağaç türlerinin dayanım özellikleri belirlenmiş ve ahşap beş farklı dayanım grubuna ayrılmıştır. Bu dayanım sınıflarına ilişkin bilgi Tablo 2 de verilmektedir. (8, 14).

Tablo 2. Doğal ahşabın dayanım sınıfları (8)

Dayanım sınıfı	Dayanıksız	Kısa	Orta	Uzun	Çok uzun
Ort.	<5	5-10	10-15	15-25	>25
Yapraklı	Kızılağaç Dişbudak Balsa Kayın Huş Atkestanesi	Karaağaç Amerikan kızıl meşe Kavak (gri)	Maun (Afrika) Meşe (Türk) Sapelli Ceviz (Avrupa, Afrika)	Kestane (tatlı) Maun (Amerikan) Meşe (Avrupa)	İroko Tik Afrormosya
İğne yapraklı		Çam (İskoç) Çam (sarı) Ladin (Avrupa)	Kökнар Melez sahil çamı	Boylu mazı Porsuk	

Ahşap malzeme doğal ya da yapay olarak kurutulurken malzemenin kullanım amacına uygun nem miktarına kadar kurutulması amaçlanmalıdır. Buna ilişkin bilgi Şekil 1’de verilmiştir (8, 14).



Şekil 1. Farklı amaçlarla kullanılan ahşap malzemelerin denge rutubet miktarları

Ahşabın kullanım yerine uygun rutubete kadar kurutulması, doğal olarak dayanıklı türlerin seçilmesi ve rutubetlenmeyi önleyici konstrüktif tedbirlerin alınması uygulanan önemli tedbirlerdir. Ayrıca ufak kesitli malzeme kullanmak ve malzemeyi kimyasal işleme tabi tutmak da tavsiye edilebilecek diğer etkili uygulamalardır. Çürüme riskinin yüksek olduğu bölgelerde dış mekânda kullanılacak ağaç malzemenin basınçlı yöntemlerle emprenye edilmesi gerekir. Orta derecede çürüme riskinin söz konusu olduğu bölgelerde daldırma, batırma yöntemleri ile emprenye uygulanabilir. Çürüme riskinin düşük olduğu bölgelerde fırça ile sürme yöntemi yeterlidir. (15).

Dış mekânda kullanılan ahşap malzemenin emprenyesinde suda çözünen emprenye maddelerinin kullanımı son yıllarda büyük oranda artmıştır. Bu emprenye maddeleri ile emprenye edilen ağaç malzemede koku bir problem oluşturmamakta, emprenyeden sonra ahşaba yüzey işlemleri uygulanabilmekte ve kullanımda daha güvenli malzeme elde edilebilmektedir (16).

Masif dış cephe ahşap kaplama elemanları için boyutsal kararlılığı ve doğal dayanımı arttırmak için uygulanabilecek diğer bir tedbir de ısıl işlemdir. Bu işlemler dış kaplama elemanları için söz konusu olabilir. Yüksek sıcaklıklar ahşabın bazı dirençlerinde düşmeye neden olmakla birlikte döşeme hariç kaplama elemanı olarak kullanılan ahşap malzemede yüksek dirençler aranmamaktadır.

Ahşabın kullanılmadan önce boyanması da daha kısa ömürlü olan ama kullanılabilir bir yöntemdir. Boyanın kısa ömürlü olmasının en önemli sebeplerinden biri ince bir katman olması ve sıcaklık değişimleri ya da rutubete bağlı olarak ahşabın çalışması sonucunda çatlamasıdır; ayrıca boya üzerinde mikroorganizma oluşumları malzemenin servis ömrünü ciddi oranda azaltan bir durumdur. Norveç'te farklı boya türleri ile yapılan bir araştırmada numunelerin hepsinde az da olsa küf oluştuğu görülmüştür (17).

Benzer bir araştırma da kaplamaların montajında kullanılan çivilerin küf sporlarının iletimi ve yerleşmesine sebep olduğunu ortaya koymaktadır (18).

Kompozit malzeme ise büyük oranda su geçirmeyen türde reçine içerdiği için sudan daha az etkilenmektedir. Bu malzemelerin yüzeyine ayrıca güneşten dolayı renk solmalarını engellemek ve boyutsal kararlılığı artırmak amacıyla film tabakaları kaplanmakta ve bu da malzemenin ömrünün artmasına katkı sağlamaktadır (19).

Kaplamaların boyutsal kararlılığını artırmaya yönelik bir diğer uygulama ise yüzeyine plazma uygulama yöntemidir. Henüz etkisi tam olarak ispatlanamamakla birlikte bu yöntemin geliştirilmesi ve kullanılması gündemdedir (20).

Kaplamaların su geçirmesini engelleyen önemli bir diğer etmen de malzemenin uygun şekilde profillendirilerek uygulanmasıdır. Malzemelerin suyu içeriye almayacak şekilde profillendirilmesi ve paslanmayan özellikteki çivi ve vidalarla tespiti önemlidir (2, 21).

2.4. Ahşap Cephe Kaplamalarında Kullanılan Türler

Cephe kaplama amacıyla kullanılacak malzemedeki seçim, öncelikle ahşabın teknolojik özellikleri ve maliyetine bağlı olarak gerçekleştirilir. İstenilen görsel etkiyi yaratan ve uygun maliyetteki bir cephe kaplaması ayrıca uzun ömürlü, kolay monte edilebilen, boyutsal ve geometrik kararlılığa sahip malzemeden temin edilmiş olmalıdır. Ülkemizde masif ahşap cephe kaplama malzemesi olarak sıklıkla çam, ladin, köknar, kayın, meşe, kestane, dişbudak, gürgen, sedir, karaağaç ve ceviz gibi ağaçlar kullanılmakta, ayrıca maun, sipo, sapelli, iroko, bosse, doussie, kosipo, meranti, teak gibi ithal türler de tercih edilmektedir (2, 21).

Türkiye’de Batı Anadolu’da meşe, sarıçam; Orta Anadolu’da kavak, söğüt; Akdeniz’de sedir, Karadeniz’de ise kestane, sarıçam ve dişbudak türleri en sık kullanılan türlerdir (22).

Kontrplaktan elde edilen dış cephe kaplama panelleri birkaç masif kaplamanın birbirine dik açıyla üst üste getirilerek basınç ve sıcaklık altında tutkal ile yapıştırılması sonucu elde edilen malzemelerdir. Kalınlıkları 6 mm – 25 mm aralığında değişen bu malzemelerin üretiminde teknoloji bakımından dağınık traheli ağaç türlerinin kullanılması uygun olsa da dünyanın farklı yerlerinde farklı üretimler göze çarpmaktadır. Örneğin; Kuzey Amerika ve çevresinde iğne yapraklı ağaçlardan, Kuzey Avrupa gibi bölgelerde kayın ağacından ve Uzak Doğu’da ise tropik yapraklı ağaçlardan elde edilmektedir (12, 23).

Kontrplaktan elde edilen cephe kaplamaları üç sınıfa ayrılmaktadır. İlki iç mekân kullanımı için, ikincisi iç mekânın daha nemli kısımlarında kullanım için (çatı altı ve dış duvar iç yüzeyi) ve üçüncüsü ise dış mekân kullanımı içindir. Dış mekân kullanımına uygun olarak üretilen malzemede tutkal olarak genelde fenol formaldehit kullanılmaktadır (23).

Kontratabla, belirli kalınlıkta lamine ahşap panelin iki yüzeyinin yine ahşap kaplama ile kaplanması ile elde edilmiş malzemedir. Bu malzeme elde edilirken tutkal olarak genelde üre formaldehit kullanılır ve bitmiş malzemenin kalınlığı 12-25 mm aralığında değişir (23).

MDF (Medium Density Fiberboard) bu amaçla kullanılan bir diğer malzemedir. Odun liflerinin kuru halde iken tutkal ile karıştırılması, belirli bir sıcaklık ve basınç altında preslenmesi yöntemiyle üretilmektedir. Daha sonra kondisyonlanmaktadır. Tutkal olarak genelde üre formaldehit kullanılır. MDF, yüksek kalitede işleme özelliğine ve belirli bir boyutsal kararlılığa sahip olması gibi nedenlerle çok kullanılan bir malzemedir (23).

2.5. Ahşabın Dış Cephede Kullanımı

Ahşap cephe kaplama malzemeleri tüm dünyada kullanılmaktadır. Ülkemizdeki güncel kullanımı çok yüksek olmamakla birlikte artış yaşamaktadır.

Ahşap cephe kaplamaları ülkemizde geleneksel yapı malzemelerinden biri oluşu ve kolay elde edilişi nedeniyle özellikle bol bulunduğu bölgelerde en fazla kullanılan malzemelerden biri olmuştur. Kuzey Anadolu ve Toros Dağları yamaçlarındaki yerleşmelerde sıklıkla ahşap inşaat teknikleri kullanılmış, sadece konutlarda değil sivil mimari örnekleri oluşturulurken de ahşap tercih edilmiştir (24).

İstanbul’da özellikle; “Türk Evi” olarak adlandırılan eski konut tipinde, konak ve yalılarda kullanılan yapı malzemesi ahşaptır. Bu yapıların cephe kaplamalarında ufak kesitli masif ahşap malzeme farklı profil tipleriyle kullanılmıştır. Ancak yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı Endüstri Devrimi’nin ardından bu malzemenin dış cephedeki kullanımı azalıp yerini tuğla duvar üzeri sıva ve boyaya bırakmıştır.

Bununla birlikte ahşap doğal bir malzeme olması ve ekonomik bazı dezavantajları olması sebebiyle 2010 yılında yaşanan ve özellikle yapı sektörünü etkileyen krizden en çok etkilenen yapı malzemelerinden biri olmuştur. US Census Bureau’nun verilerine göre 2011 yılında ABD’de 447.000 müstakil konut üretilmiştir. Bu sayı 1973 yılından bu yana görülen en düşük rakam olarak ifade edilmekte ve yaşanan krizin etkisini göstermektedir. 447.000 konutun 35.000 adedinde ise dış cephe kaplama malzemesi olarak ahşap kullanılmıştır; bu değer oran olarak %8’e tekabül etmektedir.

Verilere göre ahşabın 2003 yılından bu yana yaşadığı düşüş eğiliminin en önemli sebeplerinden biri konutta yaşanan kriz olarak gösterilmektedir; bununla birlikte vinil ve fibrobeton gibi daha ekonomik malzemelerin kullanımının artması da ahşap kullanımının azalmasına neden olmaktadır. 2011 yılında yapılan müstakil konutların dış cephelerinde kullanılan malzemeler aşağıdaki Tablo 3 de verilmiştir (25).

Tablo 3. ABD’de 2011 yılında kullanılan dış cephe kaplama malzemelerinin oranları

Malzeme	Oran (%)
Fibrobeton	15
Vinil	34
Ahşap	8
Tuğla	24
Sıva	17
Diğer	2

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu’nun 2011 yılına ait araştırmasında ahşap levha üretiminin dünyada yaşanan krizden etkilendiği, bununla birlikte düzelme eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. 2011 yılında levha türündeki malzemelerin üretiminde ABD’de azalma, Rusya’da artış, Avrupa’da ise değişken bir yapı görülmektedir (4).

Ülkemizin de içinde bulunduğu Avrupa bölgesi incelendiğinde; Avrupa’da piyasanın 2011 yılında düzelme eğiliminde olduğu, yapı sektöründe artış görülmeye başlandığı fakat mobilya sektörünün henüz canlanmadığı ifade edilmektedir (4).

2011 yılı içerisinde gerçekleştirilen kompozit malzeme üretim değerleri incelendiğinde; yonga levha üretiminin %1,9, OSB üretiminin ise %5,2 azaldığı, bununla birlikte MDF üretiminin %3,7 arttığı görülmektedir (4).

Yonga levha üretimlerine bakıldığında ülkemizin Almanya, İngiltere ve İtalya ile birlikte Avrupa’nın en fazla üretim yapan ülkeleri arasında olduğu (2,6 milyon m³’ten fazla üretim), MDF üretiminde ise lider olduğu (3,6 milyon m³ üretim) görülmektedir. Kompozit malzeme kullanımını olumsuz etkileyen en önemli sebeplerden biri olarak malzeme üretim maliyetlerinin yüksek olması gösterilmektedir (4).

Türk Yapı Sektörü Raporu 2012’nin verilerine göre; 2009 yılından bu yana ahşap inşaat malzemeleri ihracat ve ithalatının büyüme yaşadığı görülmekte ve bu büyümenin lif ve yonga levha sanayisinde daha da belirgin olduğu görülmektedir. Lif levha sanayi 2002-2011 yılları arasında %545’lik bir artış göstererek 4,9 milyon m³’e, aynı tarih aralığında yonga levha sanayisi ise %142 artarak 5,8 milyon m³’e yükselmiştir. Türkiye lif levha üretiminde Avrupa’da ikinci, yonga levha üretiminde ise dördüncü sıradadır (26).

Kompozit malzeme üretiminin tüm dünyadaki artış eğilimi ve cephe giydirme sistemleri ile ilgili tekniklerin gelişmesi bu malzemelerin güncel kullanımlarının yaygınlaşmasını kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte; prestijli karma ve konut yapılarında malzemenin avantajlı özelliklerinden dolayı sık tercih edilmeye başlanması da kullanımının artmasına destek vermektedir (26).

İnşaat sektöründeki hızlı ivmenin ve malzemenin en büyük dezavantajlarından biri olan boyutsal kararsızlığının büyük ölçüde azaltılmış olması kullanım oranlarının artarak devam edeceğini işaret etmektedir.

3. Sonuçlar

Ahşabın dış cephe kaplamada tercih edilmesindeki öncelikli nedenler doğal bir malzeme oluşu ve estetik ihtiyaçları karşılayabilmesidir. Bununla birlikte diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında sürdürülebilir yapı üretimine katkıda bulunmakta olduğu görülmektedir.

Ayrıca dış cephe kaplama elemanlarının uygulama sistemleri değerlendirildiğinde; ahşap kolay şekillendirilebilmesi, hafif olması ve birleşim elemanlarına kolay bağlanabilmesi gibi sebeplerle tercih edilmektedir.

Masif ya da ahşap kompozit olarak (MDF, yonga levha, lamine ve ahşap plastik) dış kaplama malzemesi olarak kullanımının gittikçe artması söz konusudur. Günümüzdeki kullanım yaygın olarak kompozit haldeki kullanım olmakla birlikte, halen masif haldeki ufak boyutlu malzemenin de kimyasal şartlandırmaya maruz bırakılarak kaplamada kullanıldığı görülmektedir.

Geçtiğimiz yıllarda tüm dünyayı etkileyen krizin ardından öncelikle yapı üretimi, ardından da yapı malzemelerinin üretim ve kullanım oranlarının etkilendiği görülmektedir. Bununla birlikte dış mekân ahşap kaplama malzemelerinin bu kullanım alanındaki önemini koruduğu anlaşılmaktadır. Bunda ahşabın sakıncalı bazı özelliklerinin alınan bazı tedbirlerle minimize edilebilmesinin, ayrıca çevreye duyarlı malzeme olmasının büyük katkısı vardır.

Kaplama malzemesi dışında yapısal eleman olarak ahşap malzemenin kullanımının daha da artması istenen bir durumdur ve gelecek kuşaklara daha iyi bir çevre bırakmak bakımından önem arz etmektedir.

4. Kaynaklar

1. **Çıkiş D.T. (2007).** The Evolution and Change of Building Facades: A Research for Developing Alternative Composite Surface Materials. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
2. **Toydemir N., Gürdal E., Tanaçan L. (2000).** Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. Literatür Yayıncılık, İstanbul, Türkiye.
3. **Townsend P., Wagner C. (2002).** Timber as a Building Material – An Environmental Comparison against Synthetic Building Materials. NAFI (National Association of Forest Industries Ltd.), Queensland, Australia.
4. **UNECE (United Nations Economic Commission for Europe / Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2012).** Forest Products Annual Market Review. UNECE/FAO, United Nations, New York and Geneva.
5. **Burnett J. (2006).** Forestry Commission Scotland Greenhouse Gas Emissions Comparison – Carbon Benefits of Timber in Construction. ECCM (Edinburgh Centre for Carbon Management), Edinburgh, Scotland.
6. **Sakuragava S., Miyazaki Y., Kaneko T., Makita T. (2005).** Influence of Wood Wall Panels on Physiological and Psychological Responses, *Journal of Wood Science*, **51** (136-140).

7. **Virta J., Koponen S., Absetz I. (2005).** Cupping of Wooden Cladding Boards in Cyclic Conditions – a Study of Boards Made of Norway Spruce (*Picea abies*) and Scots Pine Sapwood (*Pinus sylvestris*), *Wood Science and Technology*, **39**, (431-438)
8. **Addleson L., Rice C. (1991).** Performance of Materials in Buildings, Butterworth & Heinemann Oxford, UK.
9. **Ramsden M. J., Blake F. S. R., Fey N. J. (1997).** The Effect of Acetylation on the Mechanical Properties Hydrophobicity and Dimensional Stability of *Pinus Sylvestris*, *Wood Science and Technology*, **31**, (97-104).
10. **Jester C.J. (1995).** Twentieth Century Building Materials: History and Conservation, McGraw-Hill, New York, USA.
11. **Bush R.J., Reddy V.S., Araman P.A. (1996).** Pallets: A Growing Source of Recycled Wood, The Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, (24-28), Wisconsin, USA.
12. **Güller B. (2001).** Odun Kompozitleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **2**, (135-160).
13. **Brown S.K. (1999).** Chamber Assessment of Formaldehyde and VOC Emissions from Wood-Based Panels, *Indoor Air*, **9** (209-215).
14. **Domone P., Illston J.M. (2001).** Construction Materials: Their Nature and Behavior, E&FN Spon, London, UK.
15. **Göker R., M. (1994).** Dış Cephe Kaplamalarında Ağaç Malzemenin Kullanım Olanakları Üzerine İncelemeler, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
16. **Kartal S.N. (1998).** CCA Emrenye Maddeleri ile Korunan Ağaç Malzemenin Dayanıklılık, Yıkanma ve Direnç Özellikleri, PhD, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
17. **Gobakken L.R., Høibø O.A., Solheim H. (2010).** Mould Growth on Paints with Different Surface Structures when Applied on Wooden Claddings Exposed Outdoors, *International Biodeterioration & Biodegradation*, **64** (339-345).
18. **Rao J., Miao G., Yang D.Q., Bartlett K., Fazio P. (2006).** Experimental Evaluation of Potential Movement of Airborne Mold Spores out of Building Envelope Cavities Using Full Size Wall Panels, Proceedings of the Third International Building Physics Conference, (845-852), Montreal, Canada.
19. **Caba K., Guerrero P., Rio M., Mondragon I. (2007).** Weathering Behavior of Wood-Faced Construction Materials. *Construction and Building Materials*, **21** (1288-1294).
20. **Podgorski L., Roux M. (1999).** Wood Modification to Improve the Durability of Coatings, *Surface Coatings International*, **82** (590-596).
21. **Smith R.C., Andres C.K. (1988).** Materials of Construction, McGraw-Hill, New York, USA.
22. **Eriç, M. (1988).** Geleneksel Mimarimizde Ahşap Malzeme Kullanımı ve Günümüz Kullanım Yöntemleri. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, Yayın No: 338 (68-74), Ankara, Türkiye.
23. **Lyons A. (2004).** Materials for Architect and Builders, Elsevier, Butterworth & Heinemann, Amsterdam, Holland.
24. **Demir A. (2005).** Anadolu'da Kent ve Konut, Geçmişten Geleceğe Anadolu'da Malzeme ve Mimarlık Bildirileri UIA 2005 XXII. Dünya Mimarlık Kongresi, İstanbul, Türkiye.
25. **US Census Bureau (2011).** Principal Type of Exterior Wall Material of New Single-Family Houses Completed, US Department of Commerce, Washington, USA.
26. **Yapı Endüstri Merkezi, 2012.** Türk Yapı Sektörü Raporu 2012, YEM Yayınları, İstanbul, Türkiye.

Eğimli Ve Kabuk Yüzeylerde Bitkilendirilmiş Çatılar

Jozef Bonfil¹

Konu Başlık No: 1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Şehirlerin büyümesi sonunda çatılarda yollarda kullanılan su emmeyen yüzeyler artmış bunun sonunda da birçok büyük şehirde sel baskınları yaşanmıştır. Bitkilendirilmiş çatılarda kullanılan drenaj sistemleri, su tutucu keçeler ve toprak tabakası yağış suyunun büyük bir bölümünü bünyesi içinde tutmakta fazlasını ise geçikmeli olarak şehir şebekesine vermektedir. Bu da sel felaketini önlemenin bir diğer çözüm şekli olarak gören birçok Avrupa'lı kent bitkilendirilmiş çatı yapımını desteklemektedir.

Düz teras çatıları, peysaj mimarlığı disiplini içinde kullanılan modern malzemeler ile, bitkilendirilmiş çatı olarak düzenlemek oldukça kolay hale gelmiştir.

Ancak daha özgün tasarımlarda önümüze çıkan eğimli ve kabuk çatılarda bahçe çatıları oluşturmak için farklı yöntemler, detaylar ve malzemeleri; mühendislik, mimarlık ve peysaj mimarlığı disiplinleri ile doğru şekilde harmonize etmek gerekmektedir.

Eğimli ve kabuk çatılarda yapılmış olan bitkilendirilmiş çatı uygulamalarında; kullanılan malzemeler, detaylar ve yapılan çalışmalar sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Bitkilendirilmiş çatılar, eğik, tonoz, kubbe, çatılar

¹ Jozef Bonfil İnşaat Mühendisi / BTM Bitümlü Tecrit Maddeleri San AŞ – Teknik Danışman
0216 473 3473, Faks: 0216 4888400, jozef.bonfil@btm.co

Bitkilendirilmiş Çatıların Önemi:

Şehir nüfusunun artması konut ihtiyacını doğurmakta bu da doğal yapının birçok yönden tahrip olmasına neden olmaktadır. Özellikle su emmeyen yüzeylerin artması şehir üzerinde iki önemli olaya neden olmaktadır.

1- Şehirler üzerinde ısı adalarının oluşumu iklimi olumsuz yönde etkilemektedir. Şehir ısını kırsal alana göre ortalama olarak $7 - 10^{\circ}\text{C}$ ısının artmasına neden olmaktadır. “Ankara’da Şehir Isı Adasının İncelemesi” adlı çalışmada 2002 yılı şubat ayında ortalama $7,2^{\circ}\text{C}$ ısı adası farkı ölçülmüştür¹.

2- Yağan yağış suları süzülmeyle hızla deşarj sistemlerine aktarılmakta olup, taşkınlara ve sellere neden olmaktadır. Halbuki yeşil alanlar yağın yağış suyunun büyük bir bölümünü depolayarak, uzun bir süreçte ve yavaş bir şekilde şehir drenajına veya nehirlere akıtmaktadır.

Bu iki soruna tek çözüm ise su emmeyen yüzeyler yerine yeşil alanları artırmaktan geçmektedir. Yeşil alanlar yağın yağış suyunu belli bir gecikme ile drenaj sistemlerine aktarmaktadır. Yeşil alanların UV ışınlarını daha az soğurması, şehir ısı adalarının etkilerini azalttığı bir gerçektir.

Bu nedenle Avrupa’da birçok şehirde yeni ve renovasyon yapılan yapılarda bitkilendirilmiş çatı yapımını zorlamakta veya teşvik etmektedirler. Özellikle Hollanda’da 500m^2 üzerinde renovasyon yapılan yapılarda Bitkilendirilmiş çatı yapımını teşvik etmektedirler. Yurdumuzda da özellikle Leed ve Breeam sertifikası almak isteyen yapılar, Bitkilendirilmiş çatı yapımını teşvik etmektedir.

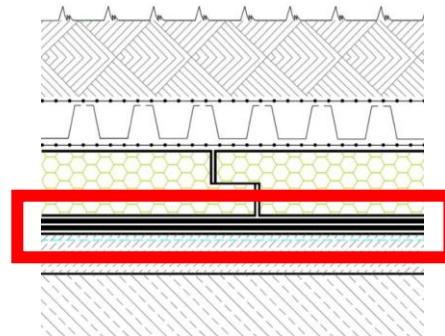
Bitkilendirilmiş Çatının Projelendirilmesi:

Bitkilendirilmiş çatılar projelendirilirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

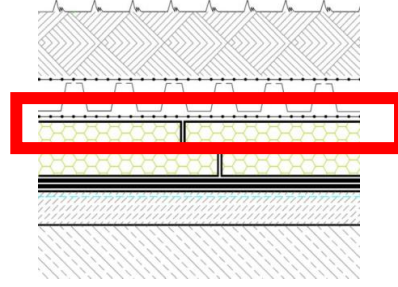
1. Statik Yükler: Yapının müsaade edebileceği en fazla yük miktarı.
2. Dinamik Yükler: Bitkilendirilmiş çatı üzerinde beklenen hareketli yükler.
3. Doğal Koşullar: Yapının yapıldığı yerdeki iklimsel özellikler, yetişebilecek olan bitkiler ve bunlara bağlı olarak kullanılacak olan toprak kompozisyonu.
4. Müşteri istekleri: Sık, yarı sık, seyrek yeşillendirme veya karma yeşillendirme.
5. Çatı Eğimi: Eğime bağlı olarak bitkilendirilmiş çatıda kullanılacak olan yapım tekniği ve malzemeler değişmektedir.
6. Sulama ve Drenaj Sistemi: Bitki özelliklerine bağlı olarak ilk iki yıl damlama, yağmurlama yöntemi veya sabit su kütlesi tercih edilmelidir. İki yıl sonra bitki özelliğine bağlı olarak sadece yağmur yağışına bırakılabilmektedir. Buna bağlı olarak drenaj sistemi planlanmalıdır.
7. Nokta Detayları: Su giderleri, çatıyı delen sistemler, emniyet sistemleri, solar sistemler vs.
8. Maliyet: Yapım maliyeti ve 5 yıllık bakım giderlerinin toplamı.

0° - 15° Eğimli Bitkilendirilmiş Çatılar:

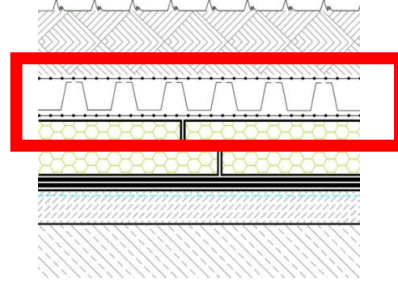
Bitki köklerine dayanıklı örtüler: TS EN 13948 standardına göre test edilmiş bitümlü veya sentetik örtülerdir. Bu örtülerin görevi yapılmış olan su yalıtımını korumaktır. Bazı örtüler aynı zamanda su yalıtım malzemesi olarak ta kullanılır.



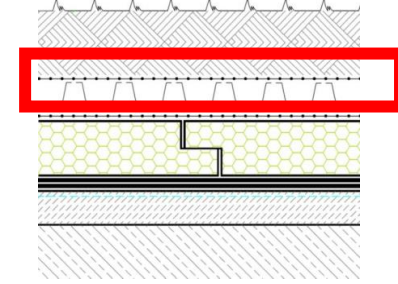
Koruyucu ve Su Tutucu Keçe: Belli oranda su tutarak bitkilerin yaşamlarına destek sağlar. Keçe türevi malzeme olmaları nedeni ile de alttaki su yalıtım örtülerini koruma altına alır. Seçilen bitkilendirme türüne ve çatı eğimine bağlı olarak farklı yoğunluk ve özelliklerde ürünler kullanılır. Genelde 300-900 gr/m² yoğunlukta dırlar.



Drenaj Malzemesi: Genelde HDPE esaslı olan bu malzemeler istenen basma mukavemetleri sahip olmalıdırlar. Belli miktardaki suyu depolayabilmeleri özelliğine sahip olmalıdırlar. Depolanan su ile sistem filtresi arasında belli bir hava boşluğu oluşturmalıdır. Bu nedenle çoğunlukla çift kademeli türleri kullanılır. Toprak kalınlığına, öngörülen dinamik yüklere ve eğime bağlı olarak farklı modelleri kullanılır.

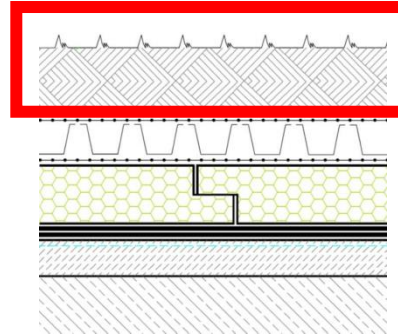


Sistem Filtresi: Toprak katmanının drenaj malzemesi içine dolmasını önleyen bir keçedir. Genelde 100-120gr/m² ağırlıkta olan keçelerdir. Suyu hızla alt katmanlara geçirmelidir.



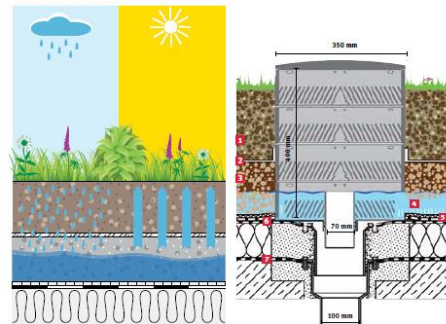
Toprak ve Bitki: Bahçe toprağı mümkün olduğu kadar az olmalı daha çok hafif ve su emme özelliğı olan malzemeler tercih edilmelidir. Örneğın kiremit kırığı, ponza, perlit, tuf, vermakülit vb. Eğim arttıkça toprak kalınlığı azalmalı ve yoğunluğu hafiflemelidir. Bakımın zor yapılacağı eğimli yüzeylerde organik gübre kullanılmamalıdır. Kullanılacak olan bitkiler mümkün olduğu kadar yöresel bitkiler olmalıdır. Bölgenin iklimsel özelliklerine uyumlu ve mümkün olduğu kadar az su ve bakım isteyen türlerden seçilmelidir. Leed veya Bream sertifikalı yapılarda, çok fazla su tüketen ve

bakım isteyen çimen ve çimen türevi bitkilerin kullanımından kaçınılmalıdır.



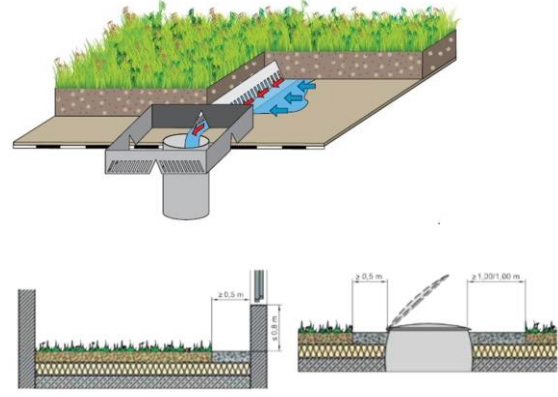
Sulama: Bitkilendirilmiş çatılarda genellikle damlama veya terleme sistemi kullanılmaktadır. Düşük eğimli çatılarda ve bitki özelliklerine bağlı olarak yağmurlama sistemi de tercih edilebilmektedir. Yoğun yeşillendirme ağırlıklı olarak ağaç türlerini içermesi halinde sabit su kütlelerinin tercih edilebilir. Bu durumda eğimin sıfır olması gerekmektedir. Su miktarı ise özel aparatlar ile kontrol altında tutulmalıdır. Leed ve Bream sertifikalı yapılarda bitki ekildikten iki

yıl sonra sulamanın yağış suyu ile yapılması tercih edilmektedir.



Su Giderleri ve Drenaj: Çatı eğimine bağlı olarak uygun yerlerde su giderleri yerleştirilmeli ve fazla suyun hızla bu giderlere ulaşabilmesi için uygulanacak bitkilendirme şekline uygun drenaj sistemi kurulmalıdır. Su giderlerine ulaşılabilir ve temizlik yapılabilir olmalıdır.

Nokta Detayları: Bitlendirilecek olan bölümler diğer detaylara geçiş noktalarından en az 50 cm öncesinde kesilmeli ve bu bölge uygun boyuttaki çakıl ile doldurulmalıdır.



15°-45° Eğimli Bitkilendirilmiş Çatılar:

Bitki köklerine dayanıklı örtüler: TS EN 13948 standardına göre test edilmiş bitümlü veya sentetik örtülerdir. Bu örtülerin görevi yapılmış olan su yalıtımını korumaktır. Bazı örtüler aynı zamanda su yalıtım malzemesi olarak ta kullanılır.



Koruyucu ve Su Tutucu Keçe: Belli oranda su tutarak bitkilerin yaşamlarına destek sağlar. Keçe türevi malzeme olmaları nedeni ile de alttaki su yalıtım örtülerini koruma altına alır. 20° daha yüksek eğimlerde kullanılacak olan keçeler suyu drene etme özelliğine sahip olmalıdırlar



Toprak Tutucular: Her üretici firma eğimli yüzeylerde toprağı tutabilmek için farklı malzemeler veya sistemler geliştirmiştir. Ancak bu sistemlerin büyük bir bölümü sabit veya esnek sistemlerdir. Muhakkak surette dereden veya mahyadan sabitlenmek zorundadır. Ancak her iki yöne eşit eğimleri olan çatılarda denge faktöründen faydalanarak sabitleme yapmadan da uygulanabilirler.





Toprak ve Bitki: Toprak tutucu elemanların yüksekliklerine bağlı olarak toprak kalınlığı belirlenir. Genel bu sistemlerde toprak kalınlıkları 8-12cm aralığındadır. Kullanılacak olan toprak karışımının mümkün olduğu kadar hafif ve su tutucu olması tercih nedenidir. Bitki olarak bu sistemlerde genelde seyrek yeşillendirme tercih edilmelidir. Genelde kullanılan bitki sedum türleridir. Hazır halı şeklinde sedum ekilmemiş ise tohumlar yeşerinceye kadar, toprağı erozyondan korumak için organik keçeler ile toprak koruma altına alınmalıdır.



Sulama: Eğimli çatılarda genellikle damlama veya terleme sistemi kullanılmalıdır.

Su Giderleri ve Drenaj: Su giderleri ve drenaj sistemi derelerde planlanmalıdır. Yatayda suyu toplayarak giderlere götüreceği delikli metal, dikdörtgen kesitli elemanlar kullanılmaktadır. Bu drenaj elemanları üzerlerine gelebilecek yüklere dayanıklı olmalıdır.



İş Güvenliği: Gerek uygulama aşamasında gerekse bakım aşamasında çalışacak kişilerin iş güvenliği ile ilgili tedbirlerin baştan planlanması gereklidir. Özellikle emniyet kemerlerinin bağlanacağı aparatların montajı su yalıtımı yapımından önce çatıya montajları şarttır.



Tonoz ve Kubbe Şeklindeki Bitkilendirilmiş Çatılar:

Bitki köklerine dayanıklı örtüler: TS EN 13948 standardına göre test edilmiş bitümlü veya sentetik örtülerdir. Bu örtülerin görevi yapılmış olan su yalıtımını korumaktır. Bazı örtüler aynı zamanda su yalıtım malzemesi olarak ta kullanılır.



Koruyucu ve Su Tutucu Keçe: Belli oranda su tutarak bitkilerin yaşamlarına destek sağlar. Keçe türevi malzeme olmaları nedeni ile de alttaki su yalıtım örtülerini koruma altına alır. 20° daha yüksek eğimlerde kullanılacak olan keçeler suyu drene etme özelliğine sahip olmalıdırlar



Toprak Tutucular: Çatı eğimlerinin 0°-45° aralığında değişken olması ve çatı düzlemini yuvarlak olması nedeni kullanılacak olan toprak tutucuların üzerinde buldukları düzleme uyum sağlamalıdırlar.

Topraktan, bitkilerden ve sistemden gelecek olan yükleri, yapının taşıyıcı sistemine aktarabilmek için kayma açısının olduğu yaklaşık 15° sınırında betonarme sisteme gerekli ankraj elemanlarının yerleştirilmesi şarttır.

Ankraj elemanlardan düşey yönde çekilen paslanmaz özel halatlar arasına eğime bağlı olarak yatay aralıkları değişken sert plastik elemanlar konularak toprak taşıyıcı sistem oluşturulmaktadır.



Toprak ve Bitki: Toprak tutucu elemanların yüksekliklerine bağlı olarak toprak kalınlığı belirlenir. Genel bu sistemlerde toprak kalınlıkları 8-12cm aralığındadır. Kullanılacak olan toprak karışımının mümkün olduğu kadar hafif ve su tutucu olması tercih nedenidir. Bitki olarak bu sitemlerde genelde seyrek yeşillendirme tercih edilmektedir. Genelde kullanılan bitki sedum türevleridir. Hazır halı şeklinde sedum ekilmemiş ise tohumlar yerşerinceye kadar toprağı erozyondan korumak

için organik keçeler ile toprak koruma altına alınmalıdır.



Su Giderleri ve Drenaj: Su giderleri ve drenaj yapının özelliklerine göre planlanmalıdır.

İş Güvenliği: Gerek uygulama aşamasında gerekse bakım aşamasında çalışacak kişilerin iş güvenliği ile ilgili tedbirlerin baştan planlanması gereklidir. Özellikle emniyet kemerlerinin bağlanacağı aparatların montajı su yalıtımı yapımından önceye çatıya montajları şarttır.

Sonuç:

Özellikle malzemelerdeki gelişimler sayesinde bugün her tür çatıda (düz eğik veya kubbe tipi çatılarda) bitkilendirilmiş çatı yapımını mümkün kılmaktadır. Önemli olan çatının statik planlarının buna göre yapılmış olmasıdır. Özellikle su giriş ve çıkış noktalarının çatı yüzeyine uygun şekilde planlanması gerekmektedir.

Kaynaklar

1. Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi - İhsan Çiçek ve Uğur Doğan - Coğrafi Bilimler Dergisi,2005,3 (1), 57-72 (27/02/2014)
2. Optigreen Limited UK - Technical Brochure - 06/2011 (27/02/2014)
3. ZinCo GmbH Germany – Planing Guide Systems For Pitched Green Roofs - 03/13 (27/02/2014)
4. Onduline Avrasya katalogları ve web sayfası (<http://tr.onduline.com/tr>) (27/02/2014)
5. BTM AŞ katalogları ve web sayfası (<http://www.btm.co/>) (27/02/2014)
6. Geocell web görselleri. (27/02/2014)

*7. Ulusal atı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul*

YAPISAL PERSPEKTİFTEN YEŞİL ÇATILAR

Gülşen Cengiz¹

Konu Başlık No:1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Artan şehirleşme oranı , arazinin çok pahalı oluşu ve giderek artan nüfus teras yada çatıların çok amaçlı kullanımı ihtiyacını doğurmuştur. Kaybedilen yeşil alanlar, azalan kamusal veya ortak alanlara olan ihtiyacın giderilmesi ve bölünen ekosistemler arasında köprü oluşturması amacıyla yeşil çatılara olan ihtiyaç artmıştır. Yeşil çatıların yapımı M.Ö. 2000 yılında ziggurat yapımıyla başlamış bugünkü anlamında inşa edilmiş ilk yeşil çatı Mezopotamya'da inşa edilen Babilin Asma bahçeleridir.

Günümüzde kullanılan malzemeler geliştirilerek uzun ömürlü ve yüksek performanslı hale gelmiştir. Böylelikle daha esnek ve özgün tasarımlara olanak sağlanmıştır. Her malzemenin etkin performans sağlaması ve ekonomik olması açısından inşa edilecek yeşil çatı türü ve tasarımına göre uygulanması gereken detaylar bulunmaktadır. Sıcak çatılar, soğuk çatılar, teras çatılar ve eğimli çatılar olmak üzere farklı çatı türlerinde farklı tasarım ve uygulama çözümleri bulunmaktadır. Ayrıca alana yapılacak olan bitkilendirmede yöntem bakımından farklılıklar göstermektedir. Uygulanacak alanın yapısı ve iklimsel koşullarına göre Entansif, Ekstansif bitkilendirme ve bunların her ikisinin de uygulandığı karma çözümler bulunmaktadır. Bu çözümlere ek olarak Sedum halısı oluşturarak uygulama, hidroplanting ve hydroseeding bitkilendirme yöntemleriyle de yeşil çatı uygulamaları yapılabilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Yeşil çatı tasarım ilkeleri, tarihsel süreci, yapısal detayları

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Buca / İzmir, 0(539) 359 4659, glschn@hotmail.com

GİRİŞ

Yeşil Çatıların Tarihsel Süreci, Tasarım İlkeleri ve Uygulama Detayları

Artan şehirleşme oranı , arazinin çok pahalı oluşu ve giderek artan nüfus teras yada çatıların çok amaçlı kullanımı ihtiyacını doğurmuştur. Kaybedilen yeşil alanlar, azalan kamusal veya ortak alanlara olan ihtiyacın giderilmesi ve bölünen ekosistemler arasında köprü oluşturması amacıyla yeşil çatılara olan ihtiyaç artmıştır. Yeşil çatıların yapımı M.Ö. 2000 yılında ziggurat yapımıyla başlamıştır, bugünkü anlamında inşa edilmiş ilk yeşil çatı Mezopotamya'da inşa edilen Babilin Asma bahçeleridir. (Bkz. Şekil 1). kerpicing içine katran katılmış ve asfalt benzeri bir madde ile sıvanmıştır. Böylece su yalıtımı sağlanmış kerpicing suya dayanıksız yapısı katranla güçlendirilmiştir. (Bkz. Şekil 2.)



Şekil-1: Babil'in asma bahçeleri (Kose, 2013)



Şekil-2: Babil'in asma bahçeleri (Anonim, 2014)

Günümüzde kullanılan malzemeler geliştirilerek uzun ömürlü ve yüksek performanslı hale gelmiştir. Böylelikle daha esnek ve özgün tasarımlara olanak sağlanmıştır. Her malzemenin etkin performans sağlaması ve ekonomik olması açısından inşa edilecek yeşil çatı türü ve tasarımına göre uygulanması gereken detaylar bulunmaktadır.

Yeşil çatılar günümüzde; Biyo-çeşitlilik ,canlıların göç yolları veya doğal yaşam alanları arasında ekolojik koridor oluşturması, yağmur suyu yönetimi, hava kirliliğini önleme, ses yalıtımı, çatı ömrünü uzatıcı etkisi, yalıtım ve enerji verimliliği gibi ekolojik ve fiziksel nedenlerden dolayı önem kazanmıştır. Ayrıca LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikası kazanabilmek için binada bulunması gereken önemli bir faktördür. (Erkul, 2012).

Yeşil çatı tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri güvenlidir. Hem ziyaretçiler için hemde inşa edecek ekip için gerekli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Üzerinde yürünebilen çatılarda çatı kenarında parmaklık, çit veya parapet duvarı en az 1m yüksekliğinde tasarlanmalıdır ve çatı geceleri iyi aydınlatılmalıdır.(Erkul,2012).

Yeşil çatılarda kullanılacak bitkilerde ise; güneş ışığı, gölge, rüzgar ve sıcaklık gibi faktörler dikkate alınarak zorlu fiziksel koşullara uygun ve dayanıklı, az bakım gerektiren ve mimari değeri yüksek olan bitkiler seçilmelidir. Canlıların göç yolları üzerinde bulunan yeşil çatılarda ise canlıların yaşayabileceği ekosisteme ait bitkilendirme yapılması uygundur.

Uzun boylu ve geniş çap yapan bitkiler rüzgar tutucu özelliğe sahip olduğu için çatı kenarından uzak, iç bölgelerde konumlandırılması gerekmektedir, ve ağırlığından dolayı taşıyıcı sistemin üzerinde konumlandırılması uygun olur. Bu bitkilerin dikiminin ilk yıllarında kökler yetiştirme ortamında gelişip, toprağa tutunacak düzeye gelinceye kadar, bitkilerin çatıya destek elemanlarıyla ankre edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde rüzgar kuvveti bitkiyi yerinden çıkarabilir.

Seçilen bitkilerin aşırı sıcak veya aşırı soğuk ortamlara da dayanıklı olması gerekir. Yeniden bitkilendirme maliyeti arttıracığı gibi tasarlanan görüntüye ulaşması zaman aldığı için maliyet ve zaman kaybına yol açar. Yetiştirme ortamı derinliği, tasarımda seçilen bitkilere ait bitki kökünün max. boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yetiştirme ortamı derinliği genel olarak çim ve bodur bitkilerde 8 cm. , pereniyal bitkiler ve küçük çalılarda 15 cm. , 3m.'ye kadar boylanabilen çalılarda 25cm. , 6m.'ye kadar boylanabilen çalılarda 35cm. , 10m.'ye kadar boylanmış ağaçlarda 65cm. ve 15m.'ye kadar boylanmış ağaçlarda 100cm. dir. (Koç ve Güneş, 1998).

Koç ve Güneş (1998)'e göre yeşil çatıda kullanılan malzemeler, kullanılan malzeme türüne bağlı olarak taşıyıcı sisteme ekstra yük getirmektedir. (Bkz. Tablo-1) Bu yükler tasarım sürecinde hesaplanmalı ve taşıyıcı sistem bu ağırlığı kaldırabilecek performansa sahip olmalıdır.

Tablo-1 : Bitki yetiştirme ortamlarının 1 m² yüzeye kg olarak getireceği yükler (Koç ve Güneş,1998)

Yapı materyali	Yüzeye getireceği yük (kg/m ²)
Üst toprak	16-20
Kum	20-22
Çakıl	16-18
Standart toprak	7-9
Havalandırılmış kil (çapı 8-16 mm)	3
Sığır gübresi	8-11
Toprak, perlit, turba, sığır gübresi karışımı	11-14

Eğimi %5 den az olan çatılar teras çatılar, fazla olanlar ise Eğimli çatılar olarak adlandırılmaktadır. Ancak eğimi %36 yı aşan çatılarda özel tasarım ve uygulama yöntemleri bulunmaktadır. Teras çatıların su yalıtımı ve drenajının sağlanması için minimum %2 eğime sahip olması gerekmektedir. Eğimin %5 ve daha az olması durumunda çift katlı su yalıtım malzemesi kullanılmalıdır. %5 den büyük olması halinde tek katlı 4mm. kalınlığında polyester keçe taşıyıcılı; 2 katlı inorganik plastik veya sentetik kauçuk malzemeden su yalıtım membranı uygulanabilir. (Ekşi, 2003)Malzemeler rulo tabakalardan oluşmaktadır. (Bkz. Şekil 3). Eklem yerleri üst üste getirilerek ısıtıcı veya yapıştırıcılarla montajı yapılmaktadır. Rulolar üst üste 5'er cm. bindirilerek ve boydan 15'er cm. şaşırtılarak montajı yapılmalıdır. (8).



Şekil-3: Yalıtım membranı rulolarının yerleştirilmesi (8).

Antiracine özellikli su yalıtım membranları köklere dayanıklıdır ve kök bariyeri gerektirmezler. Atactic Polypropylene (APP) katkı modifiye bitümden üretilen plastomerik tip membranlar arttırılmış donatı ağırlığıyla yüksek gerilmelere dayanabilir, ağır yük altında kullanılabilirler ve sert iklimli bölgelerde, düşük ve yüksek sıcaklıklarda iyi performans gösterirler. Styrene butadiene styrene (SBS) katkı modifiye membranlar çok soğuk iklim bölgelerinde performans sağlayabilmektedirler ve olağan dışı düşük sıcaklıklarda esnek kalabilmektedirler. Ayrıca konstrüksiyon özellikleri sebebiyle sürekli esneyen titreşen ve genişleyen çatılarda da kullanılabilirlerdir. Alüminyum folyo kaplı su yalıtım membranları son kat olarak

kullanılabilirler. Alüminyum folyo kaplı membranlara yapıştırma yapılırken yapıştırılacak noktadaki mineraller temizlenmeli, rulolar 10 cm. üst üste bindirilmelidir. PVC ve EPDM membranlar kulumları kolaydır ve nispeten düşük maliyetlidir. (Bkz. Şekil-4) (8).



Şekil-4: Çeşitli özellikteki su yalıtım membranları (8).

Yeşil çatı katmanlarında her katman önemli olmasına rağmen, iyi bir kök tutucu tabaka suyun çatıya vereceği zarara karşı çatıyı korumak için son derece önemlidir. Çünkü bitkiler su yalıtım membranına kolayca nüfuz edebilmektedir. Eğer su yalıtım membranı; köke karşı dayanıklılığı sağlarsa kök tutucu tabakaya gerek duyulmayabilir. (Erkul, 2012)

Bu kök tutucu sistemler en sık olarak polivinil klorid (PVC) ve yüksek yoğunluklu polietilen levhalar (HPDE)' dan yapılmaktadır. Bazı durumlarda kök gelişimini caydırmak için kimyasal madde emdirilmiş olabilmektedir. PVC rulolardan oluşan kök tutucu tabaka kalınlığı 0,8 mm ile 1 mm arasında değişmektedir. Ayrıca kalınlığı 1,5 mm olan etilen propilen rubber (EPDM) de kullanılmaktadır. Bunlar dışında Etilen kopolimer bitüm (ECB) ve özel metal folyo içeren bitümlü örtüler kullanılmaktadır. (Erkul, 2012)

Teras çatılar üzerinde gezilen ve üzerinde gezilemeyen çatılar olarak ikiye ayrılır. Eğimli yada kırma çatılarda sadece ekstansif bitkilendirme yapılabilir. Çatıya getirdiği yükün 100 kg/m² den az olması ve az bakım gerektirmesi sebebiyle tercih sebebidir. Sistemin kaymasını önlemek amacıyla 3m.-6m. aralıklarla 60mm. × 100mm. boyutunda max %16 nem içeren tahtalar çaprazlar oluşturarak yerleştirilmelidir. (Bkz. Şekil-5 ve Şekil-6). Bunlardan ilki mahyadan 500mm. uzağa yerleştirilir ve her 6m. de bir şaşırtılmalıdır ve 200mm. boşluk bırakılarak drenaja izin verilmelidir. 8-18 derece eğimli çatılarda 6m. de bir, 18-25 derece eğimli çatılarda 5m. de bir, 25-35 derece eğimli çatılarda 4m. de bir, 36 derece ve daha fazla eğimli çatılarda 3m. de bir yerleştirilmelidir. Parapet ve duvarlar çatı kotunun en az 150mm. yukarısında kalmalıdır. (Ekşi, 2006).



Şekil-5: Kırma çatıda çapraz tahtaların yerleşimi bitkilendirme

(Habitat, 2013)



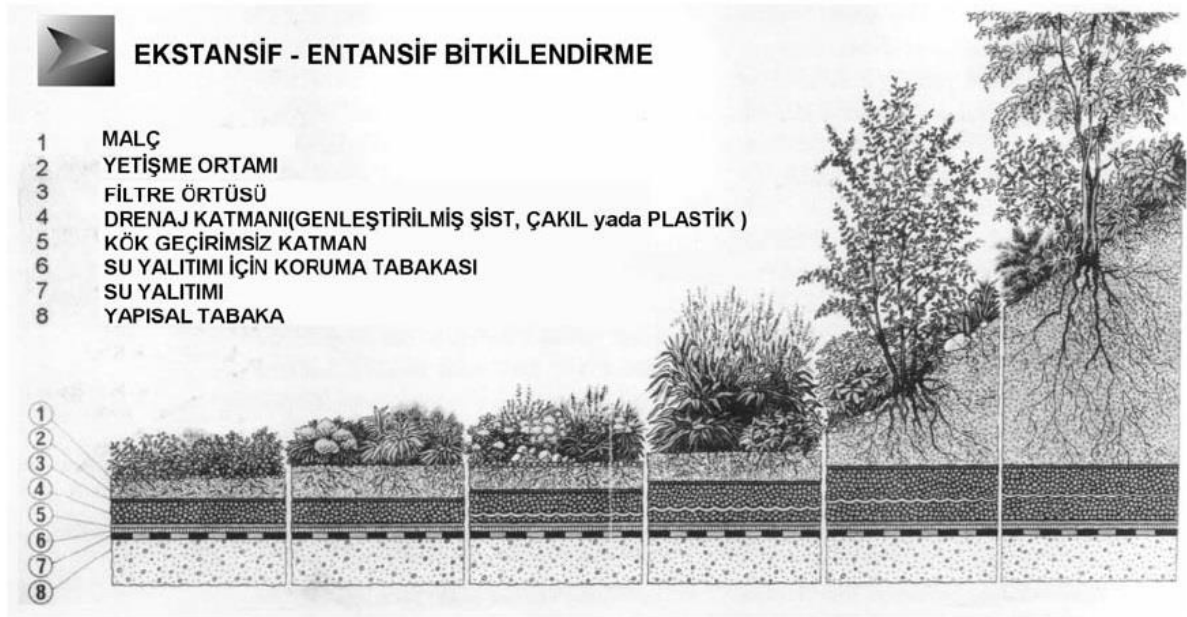
Şekil-6: Kırma çatıda ekstansif bitkilendirme

(Habitat, 2013)

Her çatı bahçesi; drenaj sistemi, filtre örtüsü yada keçe, bitki yetiştirme ortamı ve malç üst örtüsü olmak üzere 4 ana katmanı içermektedir. Drenaj sistemi gözenekli ve üstünde bulunan materyalleri taşıyabilecek yapıda olmalıdır. Filtre örtüsü köklere dayanıklı, taşınması ve serilmesi kolay, ucuz,

güçlü ve kalıcı olmalıdır. Bitki yetiştirme ortamı filtre örtüsü üzerine dikkatlice seçilmiş üst toprakları içerir veya toprak içermeyen kiremit kırıntıları vb. malzemelerden oluşur. Bitkilendirme ortamında nemi tutmak ve yabancı ot oluşumuna engel olmak ve humusun devamlılığını sağlamak amacıyla 2,5cm. kalınlığında malçla kaplanır. Ek olarak çoğu çatı bahçesinde sulama sistemi bulunmaktadır.(Ekşi, 2006).

Çatı bahçesi bitkilendirmeleri işlev ve kullanım yönünden Entansif ve Ekstansif olarak ikiye ayrılmaktadır. Entansif bitkilendirmelerde çim, yer örtücü, ağaççık ve ağaçlardan oluşmaktadır. Entansif bitkilendirmelerde toprak kalınlığı ve kullanılan sistemler yoğundur ve periyodik olarak bakım gerektirir. Bu tip bitkilendirmeler saksı veya bitki kapları kullanarak da yapılabilir. Ekstansif bitkilendirme ise bodur çalılar, tek yıllık veya çok yıllık yabancı otlar ve çayır kullanılarak yapılmaktadır dolayısıyla az bakım gerektirir ve alanı kaplayacak kadar sık bitkilendirme yapılmalıdır. (Bkz. Şekil-7). Kullanılan bitkiler susuzluğa dayanıklı, rejenerasyon yeteneği yüksek, alçak boylu, sığ ve az verimli topraklarda yaşayabilen, yatay yönde gelişen bitkilerdir.Kiremitle örtülü binaların üzerinde az miktar toprak tabakasında otsu bitki yetişerek oluşturulan bitkilendirmeye biyoçeşitlilik bitkilendirmesi denir. Zamanla doğal bir yaşama ortamı oluşur. (Bkz. Şekil 6). (Ekşi, 2006)



Şekil-7 : Ekstansif ve Entansif Bitkilendirme (Ekşi, 2006)

Yeşil çatılarda farklı türlerinin bulunması ve iklim koşullarına uygun olmasından dolayı en çok kullanılan bitki türü sedum sp. dir. (Bkz. Şekil-8). Yaklaşık 30 türü bulunmaktadır. Uygulamada pratik olması ve istenilen görüntünün erken oluşturulması amacıyla sedum türleri, sedum halıları olarak uygulanmaktadır. (Bkz. Şekil-9). Sedum halısının 2cm. yetişme alanı bulunmaktadır ve uygulama alanında bulunan 5cm. -7cm. yetişme alanıyla birlikte yaklaşık olarak 9 cm. yetişme alanıyla oluşturulur. Sedum halısı oluşturmak için diğer bir yöntem ise sedum halıları nemli muhafaza battaniyesine serilir. Yetiştirme ortamı toprak, torf, geri dönüştürülmüş kırık tuğla parçaları ve humus karışımı olabilir.(Ekşi, 2006).



**Şekil-8: Sedum sp. düz çatıda uygulaması
(Ancaya Green Roof Garden Shed, 2014)**

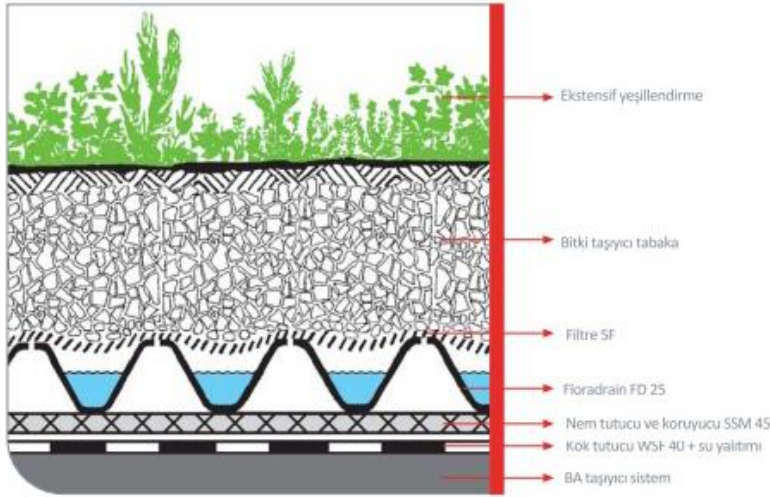


**Şekil-9: Sedum sp. kırma çatıda uygulaması
(Ancaya Green Roof Garden Shed, 2014)**

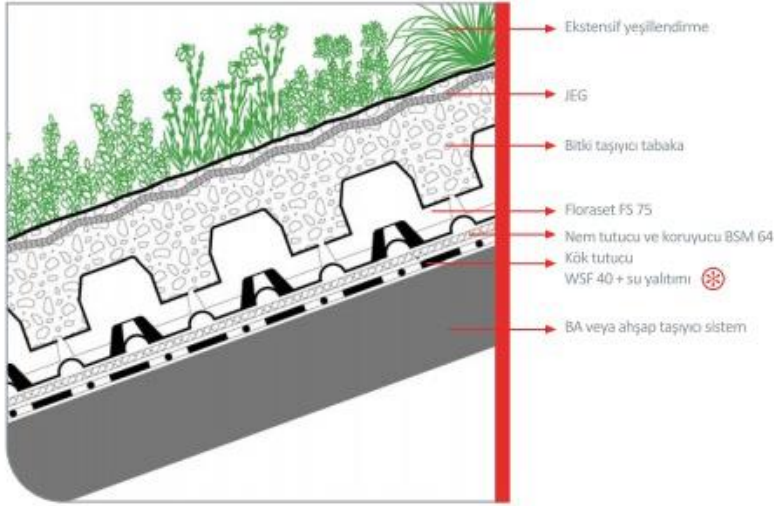
Hydroplanting ve hydroseeding yöntemiyle bitkilendirmede, bitki parçaları, tohumlar ve gübre belirli oranda karıştırılır. Organik madde ve gübreler tohumları koruyacak ve nemi tutacak özel selüloz, bağlayıcı talaş ve toprak sabitleyici maddeler de bu karışıma ilave edilerek makina yardımıyla alana 100/150 gr/m² püskürtülür. Karışım üç saat içinde toprak yüzeyine yapışarak katılaşır. Üzeri ıslak uygulanan organik malç ile kaplanır. 12 ay içerisinde alanın yaklaşık olarak %60 ı bitki ile kaplanır.

Bu uygulama köklü bitkilerle kombine edildiğinde öncelikle mrekareye 16-20 adet köklü bitki yerleştirildikten sonra geriye kalan alana hydroplanting ile bitkilendirilir. Böylelikle alan 9 ayda %60-70 oranında bitkilendirilmiş olur.

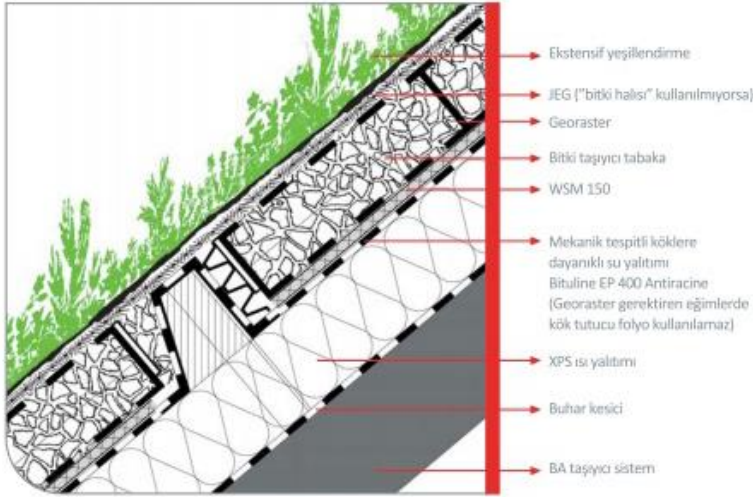
SİSTEM DETAYLARI:



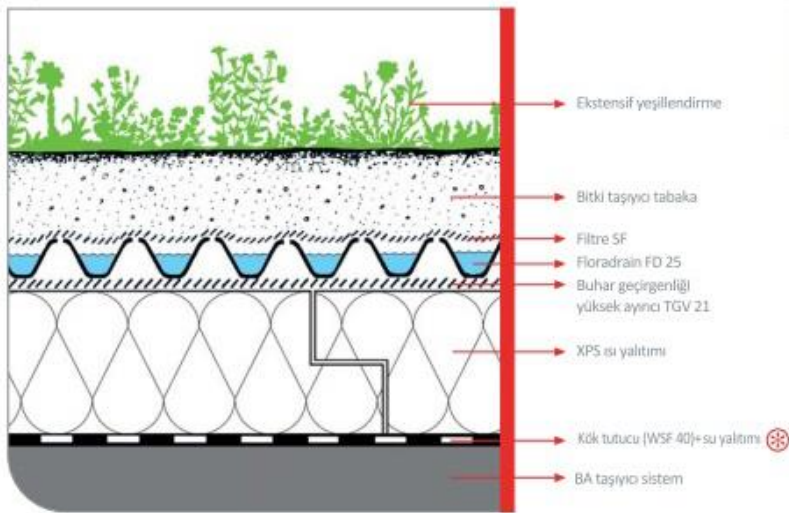
Şekil-10: Min %2 eğimli düz çatıda ekstensif bitkilendirilmiş çatı detayı (8).



Şekil-11: %20-%40 eğimli çatıda ekstensif bitkilendirilmiş çatı detayı (8).



Şekil-12: %40-%100 eğimli çatıda ekstensif bitkilendirilmiş çatı detayı (8).



Şekil-13: Ters çatıda ekstansif bitkilendirilmiş çatı detayı (8).

KAYNAKLAR

- 1- Ancaya Green Roof Garden Shed. 27 Şubat 2014. <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=455>
- 2- Anonim. 27 Şubat 2014. <http://www.tarih.gen.tr/forum/ulkeler-tarihi/5665-babilin-asma-bahceleri.html>
- 3- Ekşi, M. 2003. Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar
- 4- Erkul, E. Eylül 2012. Yeşil çatı sistemlerinin yapım açısından incelenmesi
- 5- Habitat. 15 Ekim 2013. <http://www.revistahabitat.com/noticias/val/1655-105/mega-obras-ya-incluyen-terrazas-jard%C3%ADn-en-sus-edificaciones.html>
- 6- Koç, N.,Güneş, G. 1998. Çatı bahçeleri düzenlemesine ilişkin teknik özellikler ve donanımlar
- 7- Kose, S. 8 Mayıs 2013, <http://www.gudemim.net/dunyanin-yedi-harikasini-nedir/>
- 8-Onduline, (b.t). 27 Şubat 2014. <http://www.izogun.com/TR/dosya/1-381/h/onduline-hr.pdf>

Çatıda Kullanılan Polikarbonat Levhaların Analizi

Dr. Seda Erdem¹
Dr. Serkan Yatağan²

Konu Başlık No: 1 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Amorf yapıdaki termoplastikler grubundan olan polikarbonatlardan üretilmiş levhalar, kristal saydamlıkta olmaları, mekanik ve darbe dayanımlarının yüksek olması ve hafiflikleri nedeniyle, günümüzde çatı kaplamaları alanında en çok tercih edilen yapı malzemeleri arasındadır. Geleneksel yapı malzemelerinden olan cama kıyasla polikarbonat levhalar, daha hafif olmaları sebebiyle, çatı ışıklıklarında, daha dayanıklı olmaları nedeniyle de güvenlik amaçlı kullanılan mekanların aydınlatmalarında, camın yerine tercih edilmektedir. Polikarbonat malzemeler yapıda, güvenlik camı, dış cephe ve çatı kaplama malzemesi olarak, çatı ışıklıklarında ve kurşun geçirmez camların ara katmanlarında, iç mekanlarda dekorasyon amaçlı kullanılmaktadır. Ülkemizde de yaygın kullanıma sahip olan polikarbonat levhalar, çatı sistemlerinde kaplama amacıyla oluklu, trapez kesitli, düz ve çok katlı olarak üretilmektedirler. Bu çalışmada, çatı sistemlerinde kullanılan polikarbonat levhaların çeşitli uygulama örnekleri tanımlanmış ve bunlar üzerinden polikarbonat malzemelerin karakteristik özellikleri analiz edilerek çatı sistemlerinde uygulama ve kullanım açısından sağladıkları avantajlar ve dezavantajlar irdelenmiştir. Ayrıca uygulama sonrasında çatı sistemlerinde genelde görülebilen veya oluşabilecek hasarlar gözönüne alınarak, polikarbonat malzemelerin çatı sistemleri için uygunluğu değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Polikarbonat, Çatı, Levha, Sistem, Hasar.

¹ Dr. Seda Erdem, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim-Şişli/İstanbul, Tel: +90(212) 293 13 00-2247, Faks: +90(212) 251 48 95, erdemsed@itu.edu.tr.

² Öğr. Gör. Dr. Serkan Yatağan, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim-Şişli/İstanbul, Tel: +90(212) 293 13 00-2385, Faks: +90(212) 251 48 95, yatanam@itu.edu.tr.

ÇATIDA KULLANILAN POLİKARBONAT LEVHALARIN ANALİZİ - 2014

1. GİRİŞ

Çatılar, binaların dış etkilere en fazla maruz kalan yapı elemanlarıdır. Su, yağışlar, sıcaklık farklarına bağlı olarak malzemede görülen genleşme ve benzeri unsurlar, çatı tasarımını ve çatı kaplama malzemesi seçimini etkilemektedir [1]. Çatıda kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin oluşturduğu çatı sistemlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri, istenilen ölçütleri sağlamalı ve çatı sistemleri, yapı içindeki uygun konfor koşullarının sağlanmasına yardımcı, estetik, dış ortam koşullarına dayanıklı ve ekonomik olmalıdır. Kullanıcı isteklerini karşılamada yetersiz kalan tasarımlar ve uygulamalar ile konfor koşulları çerçevesinde, yeterli performans sergileyemeyen çatı sistemleri ve çatı bileşenleri, yapı bünyesinde çeşitli sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Tasarım, uygulama ve kullanım sürecinde oluşabilecek sorunlara bağlı hasarların önlenmesi ve çözümleri ise yapının yaşam süresini artırmaktadır [2]. Bu nedenlerle, çatı sistemini oluşturan taşıyıcı konstrüksiyonun ve kaplama malzemelerinin birbiriyle uyumlu ve beklenen performans ölçütlerini karşılayabilmeleri beklenmektedir. Çatı konstrüksiyonları arasında yaygın kullanıma sahip polikarbonat çatı sistemleri bu çalışmada incelenmiştir.

2. ÇATIDA KULLANILAN POLİKARBONAT LEVHALAR

Polimer teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, 1950'li yıllarda keşfedilen polikarbonatlar, levha halinde üretilmesiyle, çatı kaplama malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Termoplastikler grubundan olan polikarbonat levhalar, hafif olmaları, mükemmel ışık geçirgenlikleri, kristal saydamlıkta üretilmelerini, mekanik, darbe ve UV dayanımlarının yüksek olması sebebiyle tercih edilmektedir. Şekil 1a-b, Şekil 2a-b ve Şekil 3'te, stadyum, havuz, kafeterya gibi mekânların çatılarında kaplama malzemesi olarak kullanılan polikarbonat levhalar görülmektedir.

Polikarbonatlar,

- Tok ve şeffaf termoplastiklerdir.
- Yüksek darbe mukavemetine sahip olup, camdan yaklaşık 150 kat daha dayanıklıdır.
- İyi akustik özelliğe sahiptirler.
- Elektrik özellikleri, özellikle de diyalektikleri yüksektir.
- Optik olarak çok temiz, yüksek ışık geçirgenliğine sahip, düşük duman oranına sahiptirler.
- İyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- Yüksek boyut kararlılığına sahiptirler.



Şekil 1. Polikarbonat çatı kaplamaları [3,4]



Şekil 2 a-b. Polikarbonat çatı kaplamaları [5,6]

- Dolgulu, alaşım ve kopolimer türlerinde özellikler daha da iyileştirilmiştir.
- -40°C ile 135°C arasındaki sıcaklıklara dayanıklıdır.
- 140°C'ye kadar kullanılabilen olup yakıldıklarında yanmasını kendi başına devam ettirmeden sönerler ve alev almazlar.
- Kimyasal olarak asitlere karşı dirençli olmalarına rağmen alkaliler tarafından etkilenir, petrol kaynaklı yakıt ve yağlara karşı ise dirençsizdirler.
- Termoplastiklere has bütün işleme süreçlerine uygun olarak üretilirler.
- Çeşitli sıcaklıklarda ve nem şartlarında çok iyi yalıtkanlığa sahiptirler [3].

Tablo 1. Polikarbonatların genel özellikleri [7]

<i>Polikarbonatların genel özellikleri</i>	
Yapı	Amorf
Yoğunluk	1,1-1,25 g/cm ³
Tg	158 °C
Kullanma sıcaklık sınırı	
▪ Kısa süreli kullanım sıcaklık sınırı	~135°C
▪ Uzun süreli kullanım sıcaklık sınırı	~100°C
Çekme kopma mukavemeti	56-66 N/mm ²
Çekme elastiklik modülü	2000-3000 N/mm ²
Çekme kopma uzaması	100-130 (%)
Eğilme kopma mukavemeti	90-100 N/mm ²
Eğilme elastiklik modülü	2100-2400 N/mm ²
Çentikli darbe	20-30 N/mm
Eğilmede bükülme sıcaklığı	130-145°C
Lineer ısı genleşme	4-7 °C.10 ⁻⁵
Isıl iletkenlik	0,14-0,2 W/m.K
Su emme	0,16 (%) ;24 saatte)
Suya dayanıklılık	Dayanıklı
Darbe karşısında davranışı	
▪ -20 ve 10 arasında	▪ Sivri çentikli numuneler gevrek davranır.
▪ 10 ve 50 arasında	▪ Sivri çentikli numuneler dahi kırılmaz.

Kimyasallar karşısında davranışı

- Asit karşısında davranışı
- Baz karşısında davranışı
- Yağ ve alkol (metil alkol hariç)
- Dayanıklı
- Dayanıksız
- Dayanıklı

UV ışınlarına dayanım

Yüksek oranda dayanım gösterir.

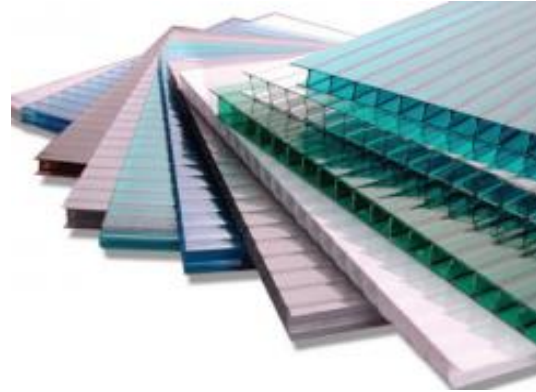


Şekil 3. Shenyang Stadyumu, Beijing [8]

Polikarbonatlar; sinyal lambaları olarak otomotiv sanayinde, sokak ve trafik lamba armatürlerinde, güneş kolektörü camları, yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklı pencereler, lensler, elektronik ve telekomünikasyon parçaları, büro ve iş makinaları gövdeleri yapımında, gıda ambalajlarında, sağlık donanımı, inşaat ve dekorasyonda, elektrik yalıtımları, uçak ve uydu parçaları, hassas cihaz, kalkan ve kask imalatında, kış bahçeleri, karayollarında ses bariyeri olarak kullanımı, kurşungeçirmez cam... gibi malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır [3&9]. Şekil 4'te ses bariyeri olarak kullanılan polikarbonat levha uygulaması görülmektedir [10].



Şekil 4. Polikarbonat Ses Bariyerleri [10]



Şekil 5. Oluklu Polikarbonat Levha [11]

Polikarbonat levhalar, çatıdaki işlevine ve kullanıcı isteklerine bağlı olarak farklı şekillerde üretilebilmektedir Şekil 5'te oluklu polikarbonat levha örnekleri görülmektedir. Çatıda kaplama malzemesi olarak kullanılan polikarbonat levhalar;

- Tek katlı düz polikarbonat levhalar,
- Çok katlı düz polikarbonat levhalar,
- Trapez kesitli polikarbonat levhalar,
- Oluklu polikarbonat levhalar,
- Dalgalı polikarbonat levhalar şeklinde üretilmektedir.

3. POLİKARBONAT LEVHALARIN KULLANILDIĞI ÇATI SİSTEMLERİNDE OLUŞABİLECEK HASARLAR VE ÇÖZÜMLERİ

Polikarbonat levhalardan oluşan çatı sistemleri, çatı ışıklıklarında veya çatıda kaplama malzemesi olarak tercih edilmekle birlikte malzeme özelliklerine bağlı olarak ya da tasarım sürecinde ve zamanla oluşan hata ve hasarlardan dolayı polikarbonat çatı sistemleri yıpranarak zarar görmektedir. İşlevsel, fiziksel ve eskime sonucu ortaya çıkan hasarlar çatıda iki başlıkta toplanabilir. Bunlar;

- Atmosferik etkiler, pasif ve aktif yükler sonucu oluşan hasarlar,
- Tasarım, yapım ve kullanım sürecinde insan hatalarından kaynaklanan hasarlardır.

Çatıda görülen hasarlar Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Çatı sistemlerinde görülen hata ve hasarlar [12]

Çatı sistemlerinde görülen hasarlar

- a. Kaplama yüzeyindeki deformasyonlar
 - Kaplamada görülen yüzey çatlakları ve çizilmeleri
 - Kaplamanın kenar köşelerinde görülen kırıklar
 - Kaplama yüzeylerinde nem, küf ve lekelenme oluşumu
 - Kaplama yüzeyinde oluşan renk değişimleri
 - Kaplama yüzeyinde yoğuşma ve buzlanmalara bağlı olan hasarlar
- b. Kaplama malzemesinin yerleştiği yerden ayrılması
- c. Bina iç mekânlarına hava sızıntılarının oluşması
- d. Bina iç mekânlarına yağmur suyu girmesi sonucu oluşan hasarlar
- e. Darbe ve havada yayılan ses kaynaklı gürültü
- f. Tasarım ve uygulama hatalarına bağlı oluşan hasarlar



Şekil 6. Spyridon Louis Stadyumu, Atina [13]

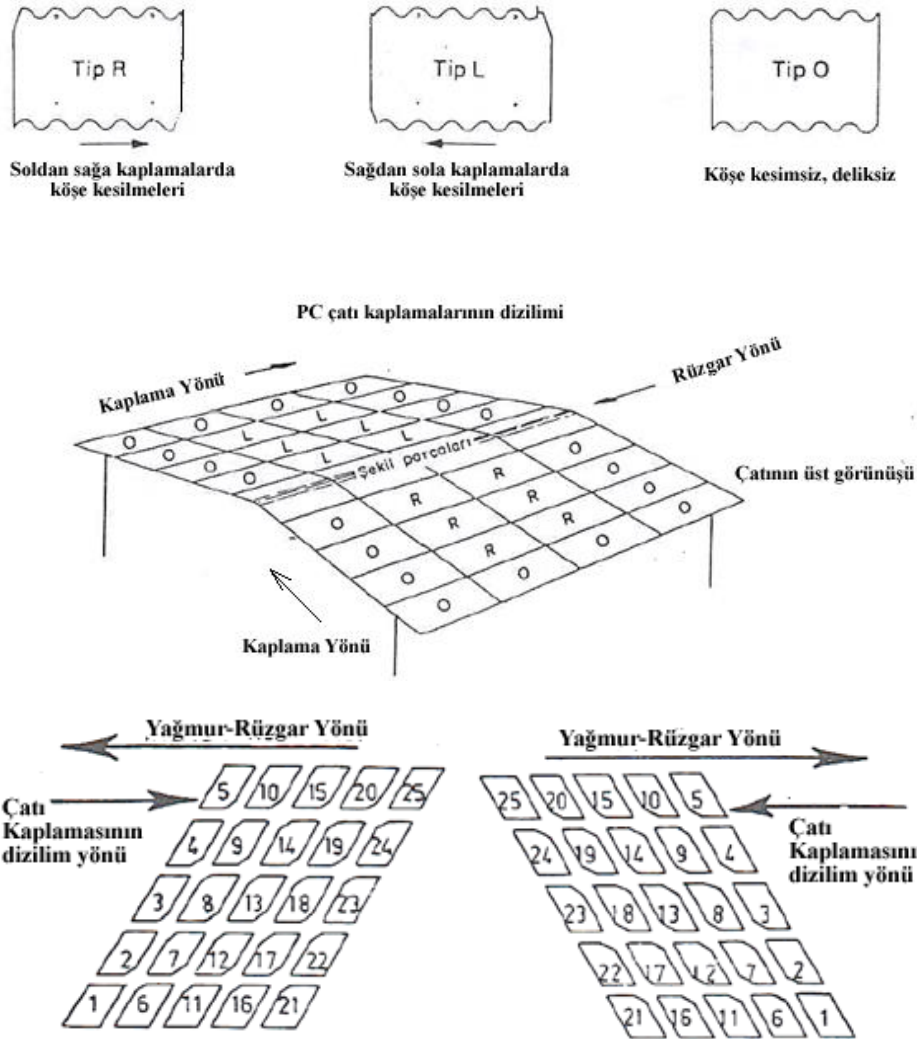
3.1 Polikarbonat çatı sistemlerinde atmosferik etkiler, pasif ve aktif yükler sonucu oluşan hasarlar ve çözümleri

Polikarbonat çatı sistemlerinde, doğal olaylardan ve canlılardan kaynaklanan pek çok etmen, hasarlara neden olmaktadır. Yağış, kar, rüzgâr etkisi gibi atmosferik ve iklimsel etmenlerden kaynaklanan hasarların etkilerinden kaçınılmak zor olmasına rağmen bu etkiler, çeşitli önlemlerle kısmen azaltılabilmektedir.

Atmosferik etkiler arasında ülkemizde yapıyı en çok etkileyen etmenlerin başında gelen yağışlar için alınan önlemlerin ilki yağmur suyunun bina bünyesine alınmadan uzaklaştırılmasıdır. Yağmur suyunu

binadan uzaklaştırmak için çatıdaki eğimin minimum %2 olması ve suyun belli noktalarda toplanarak kontrol altına alınması gereklidir. Ayrıca yüzeysel ıslanmalar da çatı kaplama malzemesinde bozulmalara neden olabilmektedir. Polikarbonatların su emme değeri yaklaşık %0,16 olarak belirlenmiştir. Bu değer su geçirimsizliği açısından polikarbonatların yeterli performansı sağlayabileceğini işaret etmektedir.

Tasarım aşamasında, çatı sistemlerinin kendi yüklerine ek olarak yağış, kar, rüzgâr ve deprem yükü gibi dış koşullara bağlı olarak değişen yükleri de taşıyor olması göz önüne alınmalıdır. Rüzgârın çatı üzerindeki etkisi, rüzgârın hızına, yapının yüksekliğine ve çatı eğimine bağlı olarak değişmektedir [15]. Rüzgârın fırtına gibi şiddetli olduğu durumlarda çatı kaplama örtüsü kopabilmektedir. Rüzgârın esiş yönüne bağlı olarak, çatı düzleminde basınç veya çekme etkisi yapması nedeniyle, uygulama sırasında, polikarbonat kaplama malzemeleri, rüzgâr yönü göz önüne alınarak dizilmelidir. Çatı üzerine gelebilecek yükün şiddeti öngörülerek, çatı yükleri hesaplanmalı ve o bölgeye uygun ürün ve konstrüksiyon seçimi yapılmalıdır. Polikarbonat levhalar, enine döşemelerde, hâkim rüzgâr yönünün tersi yönde yerleştirilmeli ve bindirmeler rüzgâra karşı korunmalıdır [14]. Bütün örtü türlerinde olduğu gibi, polikarbonat levhalar da eğim doğrultusu boyunca aşağıdan yukarıya doğru, aşağıdaki altta kalacak biçimde, Şekil 7'de görüldüğü gibi döşenmelidir [16]. Ayrıca rüzgâra maruz kalan kısımlar (kalkan duvarı gibi) L profiller gibi bağlama elemanlarıyla korunmalıdır [14]. Ayrıca kaplamada UV yönü doğru monte edilmelidir.



Şekil 7. Rüzgâr yönüne bağlı olarak polikarbonat çatı kaplamalarının dizilimleri [16 Nolu referansta asbestli çimento oluklu levhalar için yapılan döşeme krokisinden uyarlanmıştır]

Kuzey yönüne bakan çatı yüzeylerindeki karın, çatının güney cephesinde biriken kara oranla daha fazla kalması ve buzlanmalara bağlı kar yükünün artışı, çatı sistemlerinde önem kazanmaktadır [17]. Çatı kaplamasının alt yüzeyi ile dış ortam arasındaki sıcaklık farklılığı nedeniyle oluşan yoğuşmanın önlenmesi için, çatı sisteminin bütün detayları eksiksiz uygulanmalı ve detaylar doğru çözülmeli, tavanda oluşabilecek yoğuşma ile meydana gelebilecek damlacıkların uzaklaştırılabilmesi için boyuna bindirmelerin zigzaglı şekilde yapılması önerilmektedir. Ayrıca iç mekânın düzenli olarak havalandırılarak kuru kalması ve polikarbonat levhaların alt yüzlerinin kullanım sıcaklığının 130°C'yi aşmaması sağlanmalıdır. [14,17]

Bazı iklim bölgelerindeki sıcaklık değişimlerinin fazla olmasına bağlı olarak çatı kaplama malzemelerinde oluşan genleşme nedeniyle, kaplama malzemesinde yırtılmalar ve delinmeler olabilmektedir. Polikarbonat levhaların boyutsal kararlılıkları ise yüksektir. Levhaların kısa süreli kullanım sıcaklıkları yaklaşık 135°C, uzun süreli kullanım sıcaklıkları ise yaklaşık 100°C'dir. Termik değişimlerin yüksek olduğu iklimlerde çatı kaplama malzemesinin yapıştırılmadan uygulanması, bunun yerine mekanik noktasal bağlantıların kullanılması, ayrıca iki ve daha fazla kat yerine tek ama kesiti daha kalın levha kullanılması ve birleşim detaylarının doğru çözülmesi önerilmektedir [15].



Şekil 8. Isı etkisinin çatıda oluşturduğu hasar [15]

Atmosferik kirlenme, çatı kaplama malzemelerinde deformasyonların oluşmasında bir diğer etkidir. Asit yağmurları, havada bulunan karbon oksitler, kükürt dioksitler, azot oksitler gibi kirleticiler kaplama malzemesinde yüzey kirlenmelerine neden olmaktadır. Atmosferik etkilere genel olarak dayanım gösteren polikarbonat levhalar, asitlere karşı dayanıklı olmalarına rağmen bazik özellikteki malzemelere karşı dayanıksızdırlar. Ayrıca alkol, aseton gibi çözücü maddelerin, polikarbonat levhaların yüzeyinde bozulmalara neden olmaktadır [18]. Bu nedenle levhaların çözücüler ile temasından kaçınılmalıdır. Plastiklerin renk değişimlerine karşı dayanıklılıklarının tayin edilmesinde "Plastikler-Laboratuvar ışık kaynaklarına maruz bırakma metotları; TS EN ISO 4892-1, TS EN ISO 4892-2, TS EN ISO 4892-3 standartlarından yararlanılmaktadır.

UV ışınları genel olarak plastik malzemeler üzerinde hasarlara yol açarak, plastik malzemelerin niteliklerini bozmaktadır. Buna rağmen polikarbonat levhaların çatı kaplama malzemesi olarak tercih edilmesinde en önemli etkenlerden biri yüksek UV dayanımlarıdır. Ayrıca polikarbonat levhaların ışık geçirgenlikleri yaklaşık %90'dır [20]. 10 yıl içindeki ışık geçirgenlik kayıpları ise %10'dan daha az olmaktadır [14]. Kahlen ve arkadaşları, farklı polikarbonat çatı levhaları için yaptıkları yaşlandırma deneylerinde, polikarbonat levhaların 90°C'de ve havada 17 ile 204 yıl arasında, 40°C'de suda ise 5 ile 58 yıl arasında dayanım gösterdiklerini tespit etmişlerdir [19].

Çatıları yaşam alanı olarak kullanan kuşlar ve böcekler de çatı örtüsünde hasara yol açmakla birlikte kaplama malzemesinde oluşturdukları delik ve zedelenmelerle binanın içine su ve hava sızıntılarına sebep olabilmektedir [1]. Polikarbonat levhalar, sert ve çizilmelere karşı oldukça dayanıklı plastiklerden olmaları nedeniyle, uzun süreli kullanımlarda önerilmektedir. Ayrıca yosunların, küfün, mikroorganizmaların ve kemirgenlerin, levhalar üzerinde olumsuz bir etkisi olmamaktadır [14].

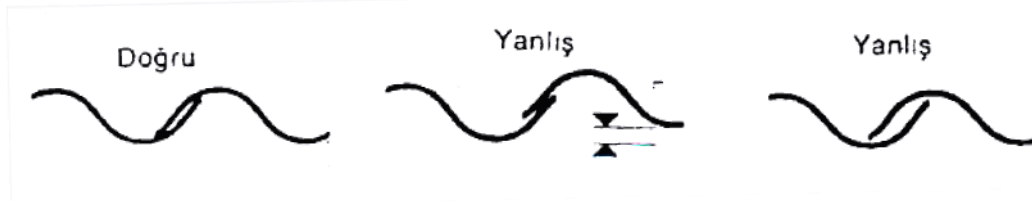
Polikarbonat levhalar iyi ses yalıtıcı polimerlerden olmaları sebebiyle yol kenarlarında ses bariyerleri olarak da kullanılmaktadır. Çatıda yağış nedeniyle oluşan darbe sesi ve dış ortam sesini de yalıtarak

bina içi konfora katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte darbe dayanımı da yüksek olan polikarbonat levhalar, 100 m/s hızdan fazla şiddette çarpan dolu etkisiyle tahrip olmazlar [14].

3.2 Polikarbonat çatı sistemlerinde tasarım, yapım ve kullanım sürecinde insan hatalarından kaynaklanan hasarlar

Çatı üretimine başlanmadan önce yapılan yanlış tasarımlar ve yanlış detay çözümleri, tasarım sürecinde iklim ve çevresel şartların göz önüne alınmaması (hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti, iklim bölgesinin yıllık yağış miktarları, kar yükleri, sıcaklık farkları... gibi),tasarımcı veya uygulamacının bilgi eksikliği, performans beklentilerinin iyi analiz edilememiş olması, çatı bileşenlerinin seçiminde yanlış kararlar verilmesi veya malzemenin yanlış kullanılması, çatıda çözümü olmayan hatalara sebep olabilmektedir [15,21].

Doğru tasarım, doğru malzeme ve bileşen seçimlerine rağmen, tasarımda öngörülen detaylara ve yapım tekniklerine uyulmaması ve kötü işçilik uygulamaları durumunda çatı sistemlerinde hasarlar meydana gelebilmektedir. Örneğin tirfon ile tutturulmuş oluklu polikarbonat levhalarda, tirfonun baş kısmının açık bırakılması sonucu korozyon ile tespit noktalarında su sızıntıları olabilmektedir. Ayrıca korozyona uğramış tirfonlar zamanla gevşeyerek levhaların, rüzgâr etkisiyle havalanarak kopmalarına ve parçalanmalarına neden olmaktadır. Tirfonların yanlış yerde çivilenmesi, az ya da çok sıkılmaları, çatının üst yüzeyinin tam düzlem şeklinde oluşturulmaması sonucunda hasarlar oluşabilmektedir. Çatı üstünde düz yüzey sağlanması için dört levhanın birleştiği noktalardaki köşeler kesilmelidir (Bkz. Şekil 7) [16]. Polikarbonat levhalar yerleştirilirken ve kullanımları sırasında hasar oluşmaması için üzerlerine basılmaması, kırılğan levhalar için geçerli olan güvenlik kurallarına uyulması gerekmektedir. [14] Ondüle polikarbonat levhaların döşenmelerinde, boyuna bindirme mesafesi en az 10 cm olmalı, enine bindirmelerde doğru uygulama ise Şekil 9'da verildiği gibi olmalıdır. Ayrıca çatı iskeleti, oluklu polikarbonat levha profillerin gerektirdiği minimum eğimi sağlamalıdır.



Şekil 9. Ondüle polikarbonat levhaların dizilimleri [16 Nolu referansta asbestli çimento oluklu levhalar için yapılan bindirme ve montaj örneğinden uyarlanmıştır]

SONUÇLAR

Polikarbonat levhalar, yüksek darbe ve UV dayanımları, yüksek ışık geçirgenlikleri, kolay montajları, kimyasallara dayanımları ile çatı ışıklıklarında ve kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir. Alev almamaları, atmosferik koşullara dayanıklı olmaları, hafif, ekonomik olmaları ve estetik görünimleri nedeniyle de diğer çatı kaplama malzemelerinden ayrılmaktadır. Bununla birlikte polikarbonat çatı sistemlerinde zaman içinde, kullanıcı kaynaklı, atmosferik koşullara bağlı veya yapım sürecinde kötü işçilik nedeniyle çeşitli hasarlar olabilmekte, bu hasarlar da çatı sisteminin performansını olumsuz etkileyerek yenileme sıklığını artırmaktadır.

Bu nedenle çatı tasarım sürecinde, polikarbonat levhaların genel özellikleri, çevrenin iklim özellikleri polikarbonat levhaların atmosferik etkiler karşısındaki davranışları göz önüne alınarak tasarımların yapılması gereklidir. Çatı yapım sürecinde ise taşıma ve depolama ile uygulama, montaj ve malzeme özelliklerine bağlı oluşabilecek hasarlar göz önüne alınarak ve bu hataları en aza indirme için iş ve süreç kontrol çalışmalarının yapılması zorunlu olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Kurtuluş, T. (2009). Yapıda sık görülen hasarların en aza indirilmesi için bir yöntem araştırması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [2] Koçu, N. (2008). Yapı Cephelerini Görsel Yönden Olumsuz Olarak Etkileyen Sorunlar ve Nedenlerinin Analizi, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla- İstanbul, 13-14 Ekim.
- [3] Erdem, S. (2008). Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Levhaların Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [4] http://yuemei2007.en.ec21.com/offer_detail/Sell_polycarbonate_swimming_pool_roofing--8129195.html?gubun=S
- [5] <http://www.peerless-coatings.co.uk/plastics/polycarbonate-sheet-supplier/lexan-polycarbonate-sheet/>
- [6] http://img.ehowcdn.com/article-new/ehow/images/a05/b8/kt/lexan-glass_-800x800.jpg
- [7] Akkurt, S., (2007). Plastik Malzeme Bilimi, Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [8] <http://www.icis.com/blogs/icis-chemicals-confidential/2008/01/architecture-review-fancy-pc-r/>
- [9] http://www.zetyapi.com.tr/urunler_polikarbonatlevhalar2.php#
- [10] <http://www.polikarbonlevha.org/solid-polikarbon-cam-gorunumlu/>
- [11] <http://www.polikarbonlevha.org/standart-oluklu-polikarbonat/>
- [12] Utkuğ, Z., (2006). Konutta kalite kavramı ve yapı hasarları, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 2, 201-211.
- [13] <http://www.dolphin-hellas.gr/athens-olympic-stadium/>
- [14] http://tr.onduline.com/sites/default/files/onducclair_brosur_0.pdf
- [15] Çatak, N., (1997). Büyük açıklıklı yapılarda çatı örtü malzemeleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [16] Esen, B., (1991). Çatılarda tasarım, uygulama hataları ve bakım eksikliğine bağlı hasarların incelenmesi ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [17] Ergün, A., Kürklü, G., (2008). Çatı tasarımı ve uygulamasında detay hataları, sonuçları ve düzeltme çalışmaları, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla- İstanbul, 13-14 Ekim.
- [18] Büyükyıldız, H., Z. (2011) Gözlük camları, cam materyalleri ve kişiye özel gözlük camları, TJO 41;1
- [19] Kahlen, S., Wallner, G.,M., Lang, R.,W., (2010). Aging behaviour and lifetime modeling for polycarbonate, *Solar Energy*, 84, 755-762.
- [20] Turgay, F., M., (2003). Endüstrileşmiş çatı bileşenleri üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [21] Koç, İ., Gürdal, E., (2002). Konut Kooperatif yapılarında görülen yapı hasar ve kusurlarının oluşumuna sebep olan etken ve kaynaklar; 1980 sonrası Konya örneği. *I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri 1*, 9-13 Ekim.

ALKALİ TUZ İÇERİĞİNİN GEOPOLİMER CEPHE KAPLAMA MALZEMESİ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Yrd. Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN¹
Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ²

Konu Başlık No: 1. Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Yapılan bu çalışmada NaOH ve KOH ile uçucu kül içerikli geopolimer cephe kaplama malzemesi üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda piyasada üretilen cephe kaplama malzemeleri incelenmiş ve mevcut ölçülere yakın olacak şekilde örnekler üretilerek geopolimer cephe kaplama malzemesine ait özellikler araştırılmıştır.

Örneklerin üretiminde kullanılan uçucu kül Kütahya Seyitömer Termik Santrali uçucu külü olup, karışımlarda standart kum kullanılmıştır. Alkali aktifleştirici olarak; sodyum silikat solüsyonu (SS), sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) kullanılmıştır. Hazırlanan harçlar, 215 mm x 65 mm x 15 mm'lik ahşap kalıplarda ve vibrasyon yöntemiyle cephe kaplama malzemesi olarak şekillendirilmiştir. Ardından örnekler 24 saat süre ile 85 °C'de termal kür işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla laboratuvar tipi etüve yerleştirilmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada uygulanan üretim yönteminin piyasada bulunan diğer cephe kaplama tuğla malzemelerine oranla, örnekleri daha gözenekli bir yapıda bıraktığı görülmüştür. Bununla birlikte yapılan donma-çözülme testlerinde geopolimer cephe kaplama malzemelerinin önemli bir hasara uğramadığı gözlenmiştir. Tüm veriler dikkate alındığında 6 M NaOH ile üretilen, 6A-24 örneklerinin tüm gruplar içinde en ideal örnek grubunu oluşturduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELELER

Geopolimer, cephe kaplama malzemesi, KOH, NaOH, uçucu kül.

¹ A.K.Ü., Müh. Fak., İnş.Müh. Böl., Merkez - Afyonkarahisar, ggorhan@aku.edu.tr

² A.K.Ü., Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., Merkez - Afyonkarahisar, kurklu@aku.edu.tr

1. GİRİŞ

Uçucu kül, öğütülmüş kömürün yanması sonucu oluşan, toz ve gaz halinde atmosfere karışan, mikron boyutundaki taneciklerin termik santral bacalarına ilave edilen elektrostatik çökeltici filtreler veya filtre torbaları tarafından tutulması ve uçucu kül silolarında istiflenmesiyle elde edilen endüstriyel bir atıktır. Yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yöntemine göre uçucu küller F ve C sınıfı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. F tipi uçucu küldeki silika ve alümina, alkali aktifleştiricilerle tepkimeye girdiğinde geopolimer adı verilen ve amorf zeolit yapısında olan polimer bir yapı malzemesi elde edilebilmektedir [1].

Geopolimerler, polikondenzasyon sonucu oluşan termoset polimer yapısına sahiptir. Geopolimerizasyon yüksek alkali ortamda moleküllerin çözünme, taşınma, yönelme ve polikondenzasyon (çoklu yoğunlaşma) hareketlerini kapsayan bir ekzotermik kimyasal prosestir [1]. Polikondenzasyon, çeşitli ısı ve kimyasal etki ile monomerler arasındaki bağların değişmesi ve moleküller içindeki atomların enerji düzeylerinin değişmesi ile gerçekleşir [1]. Geopolimer, organik kimya ürünü polimerlerden farklı olarak karbon elementi yerine kuartz içerisindeki silisyum moleküllerinin yüksek pH'lı alkali ortamda, alüminatlarla polikondenzasyona uğraması ile oluşur [2]. Oda sıcaklığında başlayan geopolimer reaksiyonu istenilen karışım sağlandıktan sonra 40–100 °C sıcaklıklarda etüv ya da buhar odasında ısı işleme tabi tutularak, polimerizasyon süreci uzatılır. Böylece üretilmek istenilen geopolimer malzeme özellikleri de iyileştirilmiş olur [3].

Geopolimer göstermiş olduğu mükemmel fiziksel ve kimyasal özellikleriyle; prefabrik yapı endüstrisi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı malzemeleri, heykeltçilik ve süsleme sanatları, beton esaslı yol kaplamaları, zemin iyileştirme, zehirli ve nükleer atıkların depolanması, refrakter seramik malzeme üretimi, ağır iklim şartlarına ve yangına dayanıklı duvar kaplaması üretimi, güçlendirme, tarihsel yapıların taşıyıcı sistemlerinin restorasyonu, uçak ve yarış arabası endüstrisi ve nükleer santrallerde kullanılabilir. Kullanılan teknolojinin gelişmişlik düzeyine, seçilen kimyasal oranlara göre ve toprak esaslı hammadde de yapılan fiziksel iyileştirmelerle geopolimere pek çok seramik malzeme de olduğu gibi istenilen fiziksel özellikler kazandırılabilir [1].

Yapılan bu çalışmada ise NaOH ve KOH ile uçucu kül içerikli geopolimer cephe kaplama malzemesi üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda piyasada üretimi yapılan cephe kaplama malzemeleri incelenmiş ve mevcut ölçülere yakın olacak şekilde örnekler üretilerek geopolimer cephe kaplama malzemesine ait özellikler araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Uçucu kül

Örneklerin üretiminde kullanılan uçucu külün kaynağı Kütahya Seyitömer Termik Santrali olup, Afyonkarahisar'da faaliyet gösteren özel bir hazır beton firmasından elde edilmiştir. Uçucu külün lazer tane boyut analizleri Malvern Mastersizer 2000 cihazında yapılmış ve uçucu külün; d_{10} , d_{50} ve d_{90} değerleri Tablo 1'de verilmiş olup, spesifik yüzey alanı $0.366 \text{ m}^2/\text{g}$ olarak elde edilmiştir.

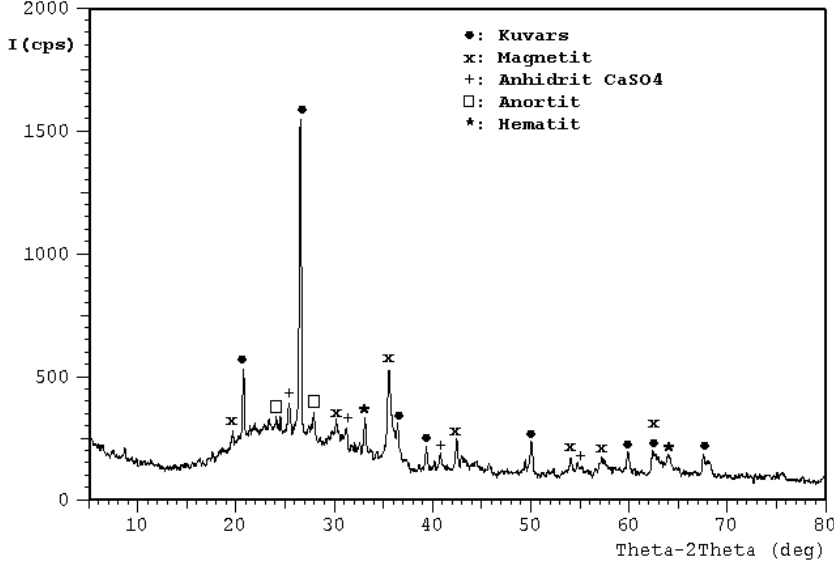
Tablo 1. Uçucu küle ait d_{10} , d_{50} ve d_{90} değerleri.

Numune	d_{10} (μm)	d_{50} (μm)	d_{90} (μm)
Uçucu kül	8.103	32.829	92.778

Uçucu külün XRF analiz sonuçlarına göre; uçucu külün toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ değeri % 80.09, CaO değeri ise % 6.06'dır. Bu verilere göre kullanılan uçucu kül, ASTM C618-08a'ya göre [4] F sınıfı uçucu küldür. Uçucu külden kütlece silika/alümina oranı ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) 2.49'dur (Tablo 2). Uçucu külün daha önce yapılan çalışmada elde edilen X-ışınları difraksiyon grafiğine (XRD) göre [5] uçucu külden; kuvars, magnetit, anhidrit, anortit ve hematit gibi mineraller bulunmaktadır (Şekil 1).

Tablo 2. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu.

Kompozisyon	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	CaO	LOI	Total
Ağırlıkça, %	48.90	19.63	11.56	4.31	0.73	2.06	1.65	6.06	2.32	97.22



Şekil 1. Uçucu külün X ışınları difraktogramı.

2.1.2. Kum

Örneklerin hazırlanmasında, Limak Batı Çimento Fabrikası tarafından üretilen standart rilem kumu kullanılmıştır.

2.1.3. Kimyasal malzemeler

Örneklerinin üretiminde alkali aktifleştirici olarak; sodyum silikat solüsyonu (SS), sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal malzemelerin özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Kimyasal malzemeler ve özellikleri.

Sodyum Silikat Solüsyonu (SS) (Cam Suyu)	Sodyum hidroksit (NaOH)	Potasyum hidroksit (KOH)
Na_2O : 7.5 - 8.5 % ; SiO_2 : 25.5 - 28.5 % Yoğunluk (20 °C) 1.296 - 1.396 g/ml Fe (demir) \leq 0.005 % ; Ağır metaller: (as Pb) \leq 0.005 % [6]	M: 40 g/mol NaOH \geq 97,0	M: 56,1 g/mol KOH \geq 85,0

2.2. Metot

2.2.1. Karışım prosedürü

NaOH ve KOH, uçucu kül partiküllerindeki silika ve alüminayı çözmek için reaktif olarak [7], sodyum silikat solüsyonu ile birlikte kullanılmıştır. Planlanan konsantrasyonlarda NaOH ve KOH çözeltisi hazırlanmış ve oda sıcaklığında 24 saat süre ile bekletilmiştir. Ardından, uçucu kül, NaOH ve KOH çözeltisi 3 dakika süre ile karıştırılmıştır. Karışıma sodyum silikat solüsyonu eklenerek 1 dakika daha karıştırıldıktan sonra son olarak kum eklenmiş ve 3 dakika sonra karıştırma işlemi sonlandırılmıştır. Karışımlara eklenen sodyum silikat solüsyonu (cam suyu) ise 3 modüllü ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}=3$) bir solüsyondur.

2.2.2. Geopolimer harçların hazırlanması

Geopolimer harçlarda NaOH ve KOH konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla iki farklı molariteye (M) sahip konsantrasyonlar kullanılmıştır. Pellet halde olan NaOH ve KOH saf suda çözünerek konsantrasyon haline getirilmiştir. Geopolimer harçlar hazırlanırken kullanılan malzemeler ve karışım oranları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Harçların karışım oranları.

Konsantrasyon (M)	Uçucu kül (g)	Kum (g)	Sodyum silikat solüsyonu (ml)	NaOH/KOH solüsyonu (ml)
6	450	1350	290	145
9	450	1350	290	145

Hazırlanan harçlar, 215 mm x 65 mm x 15 mm’lik ahşap kalıplarda ve vibrasyon yöntemiyle cephe kaplama malzemesi olarak şekillendirilmiştir (Şekil 2). Ardından örnekler termal kür işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla laboratuvar tipi etüve yerleştirilmiştir. Literatürde yapılan bir çalışmada kullanılan kür sıcaklığı ve süresi [8] bu çalışmada hazırlanan geopolimer cephe kaplama malzemelerine de uygulanmış ve hazırlanan örnekler Tablo 5’de verilmiştir.



Şekil 2. Geopolimer cephe kaplama malzemeleri.

Tablo 5. Hazırlanan örnekler ve uygulanan kür prosesi.

Geopolimer konsantrasyonu (M)	NaOH (M)	Kür süresi (h)	Kür sıcaklığı (°C)	Geopolimer konsantrasyonu (M)	KOH (M)	Kür süresi (h)	Kür sıcaklığı (°C)
6A-24	6	24	85	6B-24	6	24	85
9A-24	9	24	85	9B-24	9	24	85

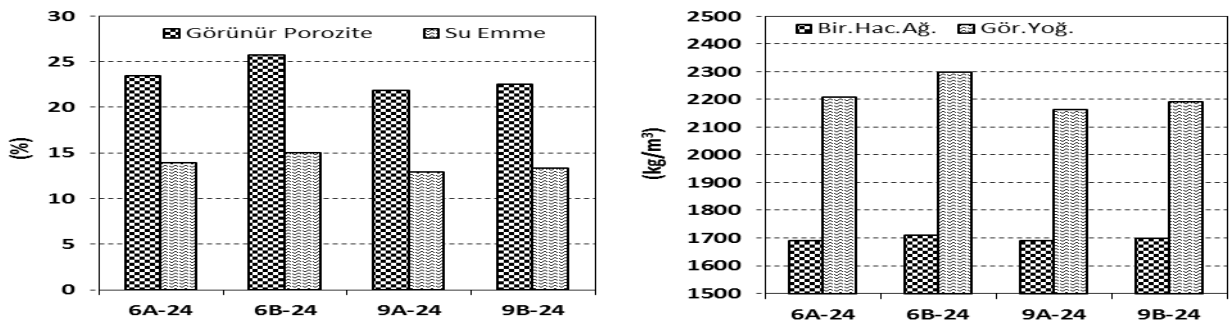
2.2.3. Uygulanan testler

Örnekler termal kür işlemlerinin ardından fiziksel ve mekanik testlerin yapılacağı güne kadar laboratuvar ortamında ve oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Testlerde 75-90 gün arasındaki yaşlara sahip geopolimer cephe kaplama malzemeleri kullanılmıştır. Fiziksel testlerde ve eğilme dayanımı testinde her bir örnek grubundan üç örneğin ortalama değerleri alınmıştır. Donma-Çözülme testinde de her bir örnek grubundan üç örnek kullanılarak; 2 saat donma, 1 saat çözülme şeklinde olmak üzere toplam 30 döngü olacak şekilde donma-çözülme testi uygulanmıştır.

Örneklerin bir kısmı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 24 saat boyunca su tankına yerleştirilmiştir. Bu örneklerin; su emme, görünen porozite, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk gibi fiziksel özellikleri Arşimet prensibine göre belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi sırasında; örnekler su tankından alınarak, su içerisinde asılı ağırlıkları ve suya doymuş yüzey kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından ilgili örnekler etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tekrar tartılmıştır. Elde edilen değerler yardımıyla örneklerin; görünen porozite, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri TS EN 772-4'e [9] göre, su emme değerleri ise TS EN 771-1'e [10] göre belirlenmiştir. Geopolimer harçların mekanik özellikleri ise TS EN 196-1'e [11] göre gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bina dış cephe kaplamalarında; cam elyaf takviyeli çimento esaslı cephe kaplaması, ahşap ve ahşap kökenli cephe kaplaması, doğal taş cephe kaplaması vb. [12] farklı kaplama malzemeleri kullanılmaktadır. Yapılan bir anket çalışmasına göre [13] cephe kaplama malzemeleri arasında en çok tercih edilen ürün grubunun kompozit paneller olduğu da görülmüştür. Bununla birlikte ülkemizde kagir kaplama malzemesi olarak, cephe kaplama tuğlası da kullanılan malzemelerin başında gelmektedir. Dış cephe kaplama tuğlaları, 1100 °C'de sinterlenirken, su emme oranları da yaklaşık % 2 - % 6 arasında değişmektedir [14]. Bu çalışmada üretilen kaplama malzemelerinin su emme oranları ise % 12.9 - % 15 arasında değişmektedir (Şekil 3). Bu açıdan bakıldığında örneklerin su emme oranlarının piyasada bulunan cephe kaplama tuğlalarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu noktada kil kökenli cephe kaplama tuğlaları yüksek sıcaklıklarda sinterlendiklerinde kil minerallerinin ergiyerek bünyedeki boşlukları doldurması ve böylelikle gözenek oranının doğal olarak da su emme oranlarının azalması meydana gelmektedir. Çalışmada üretilen örneklerde ise herhangi bir sinterleme yapılmaması nedeniyle tuğla kaplamalara göre daha fazla boşluk yapısının oluşması doğal karşılanmalıdır. Üstelik tuğla dış cephe kaplamalarında örnekler kesme metoduna göre elde edilirken, çalışmada üretilen örnekler üzerinde herhangi bir sıkıştırma işlemi yapılmamıştır. Sıkıştırma işlemi yapılmaması nedeniyle örneklerin porozite oranlarının da % 21.8 - % 25.7 arasında değişen değerlerde olduğu Şekil 3'de görülebilmektedir.



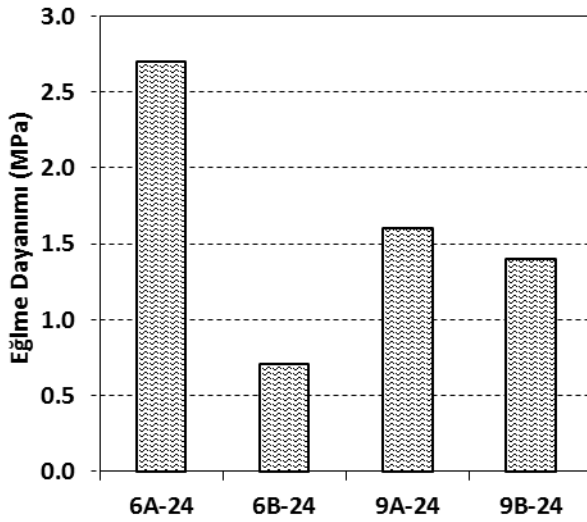
Şekil 3. Örneklerin görünür porozite ve su emme oranları.

Şekil 4. Örneklerin birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri.

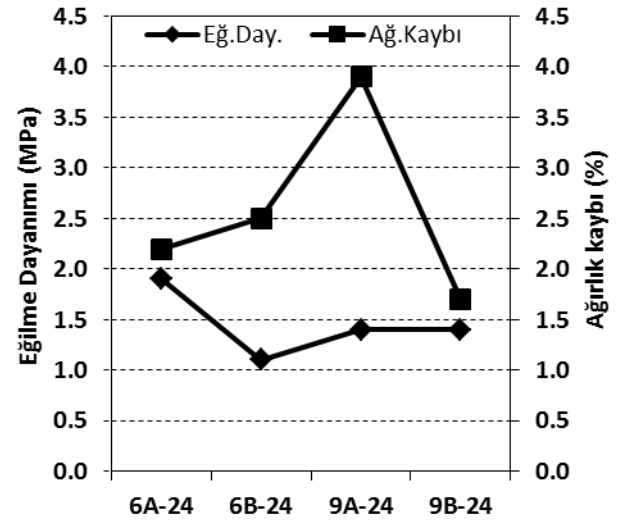
Dış cephe kaplama tuğlalarındaki ağırlığın 0.45 kg/adet olduğu belirtilmektedir [15]. Çalışmada üretilen geopolimer cephe kaplama malzemelerinin etüv kurusu ağırlıklarının da 0.35 – 0.45 kg/adet olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte geopolimer cephe kaplama malzemelerinin birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri sırasıyla; 1688 – 1707 kg/m³ ve 2161 – 2297 kg/m³ arasında değişmektedir (Şekil 4).

Örneklerin fiziksel özellikleri dikkate alındığında aynı molariteye sahip örneklerde kullanılan alkali aktivatörün sonuçlar üzerinde etkili olduğu görülmektedir. KOH kullanılan örneklerde, NaOH kullanılan örneklere göre daha yüksek değerlerin elde edildiği ve molarite değerlerinin yükselmesiyle bu değerlerin azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).

Eğilme dayanımı verilere göre en yüksek eğilme dayanım değerleri 2.7 MPa ile 6A-24 örneklerinden elde edilmiştir. 9 M konsantrasyonlu örneklerin eğilme dayanım değerleri 6A-24 örneklerine oranla daha düşük seviyelerde gerçekleşirken, 6B-24 örneğinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu verilere göre NaOH kullanılması durumunda örneklerin daha dayanıklı oldukları ortaya çıkmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Örneklerin eğilme dayanımı değerleri.



Şekil 6. Donma-çözülme sonrası örneklerin eğilme dayanımı ve ağırlık kaybı değerleri.

Geopolimer cephe kaplama malzemelerinin su emme oranlarının piyasada mevcut bulunan dış cephe kaplama tuğlasına göre yüksek çıkması nedeniyle örneklere ayrıca donma-çözülme testi uygulanmış ve agresif ortama karşı göstereceği davranışın belirlenmesine çalışılmıştır. Donma-çözülme testi sonrasında yapılan eğilme dayanım testine göre örneklerin eğilme dayanımları 1.1 – 1.9 MPa arasında değişiklik göstermiştir. Bu durumda 6A-24 örnekleri donma-çözülme testi sonunda % 30'luk bir dayanım kaybı yaşamıştır. Diğer örneklerde ise oluşan kayıplar daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Ağırlık kaybı verileri incelendiğinde ise geopolimer cephe kaplama örneklerinde % 1.7 - % 3.9 arasında değişen oranlarda kayıplar gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 6). En fazla ağırlık kaybına uğrayan örnekler 9A-24 örnekleri olurken en az ağırlık kaybına uğrayan örneklerin 9B-24 örnekleri olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Geopolimer cephe kaplama malzemesi üretiminin yapıldığı bu çalışmada bir dizi ön araştırma ve testler uygulanmıştır. Çalışmada uygulanan üretim yönteminin, piyasada bulunan diğer cephe kaplama tuğla malzemelerine oranla, örnekleri daha gözenekli bir yapıda bıraktığı görülmüştür. Bununla birlikte yapılan donma-çözülme testlerinde geopolimer cephe kaplama malzemelerinin önemli bir hasara uğramadığı gözlenmiştir. Tüm veriler dikkate alındığında 6 M NaOH ile üretilen, 6A-24 örneklerinin tüm gruplar içinde en ideal örnek grubunu oluşturduğu düşünülmektedir.

Fiyat karşılaştırması açısından ise piyasada mevcut bulunan dış cephe kaplama tuğlası fiyatlarının 0.50 – 1.15 TL/adet [15] olduğu dikkate alındığında, üretilen geopolimer cephe kaplama malzemesi maliyetinin yaklaşık olarak 2.1 – 2.7 TL/adet olduğu hesaplanmıştır. Bu maliyet hesaplamasında kullanılan standart kumun örnek başına yaklaşık 1.5 TL maliyeti olduğu düşünüldüğünde kullanılan kimyasal malzeme maliyetinin 0.6 – 1.2 TL/adet olduğu göz ardı edilmemelidir.

Sonuç olarak; kâgir kaplama malzemesi grubuna giren cephe kaplama tuğlası ve geopolimer cephe kaplama malzemesi kıyaslandığında, üretilen örneklerin daha gözenekli ve daha maliyetli oldukları ortaya çıkmaktadır. Bu noktada üretilen örneklerde endüstriyel bir atık ürün olan uçucu külün kullanılması ile bu atığın geri dönüştürülerek bir yapı malzemesinde kullanılmasıyla çevreye vereceği zararların önlenmesi de dikkat edilmelidir. Nitekim cephe kaplama tuğlasında kullanılan ana malzeme kildir ve kil önemli bir hammadDEDİR. Maliyet konusunda ise, cephe kaplama malzemelerinde kili sinterlemek için belli bir enerji harcanması gerektiği de unutulmamalıdır.

Geopolimer cephe kaplama malzemesi olarak üretilen örneklerde donma-çözülme sonrasında ortaya çıkan dayanım kayıplarının ve su emme oranlarının azaltılması için örneklerin belli bir basınç altında şekillendirilmesi ve bununla birlikte daha önceden yapmış olduğumuz çalışmalara göre standart kum yerine daha ince bir gradasyona sahip kırma kum kullanılması önerilmektedir. Böylelikle, geopolimer cephe kaplama malzemesi üretiminde örneklerin belli bir basınç altında şekillendirilmesi ve kırma kum kullanılması durumunda su emme değerlerinin, kullanılacak olan likit miktarının ve üretim maliyetlerinin azalacağı tahmin edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarla bu çalışmayı maddi olarak destekleyen, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: 12.MUH.05) teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Zeybek, O., 2009, "Uçucu Kül Esaslı Geopolimer Tuğla Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, İnş. Müh. A.B.D., Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Kim D., Ting H.L., Chilingar G.V., Yen F.Y. 2006, "Geopolymer formation and its unique properties", Environ.Geol.,51, 103-111
- [3] Komnitsas, K., Zaharaki, D., 2007, "Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry", Minerals Engineering 20, 1261–1277.
- [4] ASTM C 618, 2000, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, Annual Book of ASTM Standard, No. 04.02

7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

- [5] Başpınar, M.S., Demir, İ., Görhan, G., Kahraman, E., 2011, “A Microstructural Study on The Phase Stability of Fly Ash/Cement Based Aerated Concrete”, Proceedings of the 12th Conference of the European Ceramic Society – ECerS XII, Stockholm, Sweden, 19-23 Jun 2011
- [6] Web 1. http://erenkimya.com/index.php?route=product/product&product_id=861&keyword=sodyum%20silikat%20, 2012.
- [7] Rattanasak, U., Chindapasirt, P., 2009, “Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer”, Minerals Engineering, 22, 1073-1078
- [8] Palomo, A., Grutzeck, M. W., Blanco, M. T., 1999, “Alkali – activated fly ashes A cement fort he future”, Cement and Concrete Research, 29, 1323-1329.
- [9] TS EN 772-4, 2000, “Kagir Birimler, deney metotları- Bölüm 4: Tabii taş kâgir birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütlelerinin tayini”, TSE, Ankara.
- [10] TS EN 771-1, 2005, “Kagir Birimler, Özellikler- Bölüm 1: Kil kâgir birimler (Tuğlalar)”, TSE, Ankara.
- [11] TS EN 196-1, 2009, “Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini”, TSE, Ankara.
- [12] Kaya, U., Türkeri, N., 2010, “Dış Duvar Sistemlerinde Kullanılan Yapı Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi”, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 21-29, İstanbul-Türkiye.
- [13] Kaya, F. A., Dikmen, N., 2010, “1. Derece-Gün Bölgesi için Dış Duvar Sistemlerinde Malzeme Seçim Kriterleri”, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 83-89, İstanbul-Türkiye.
- [14] Web 2: http://www.feldhaus-klinker.de/fileadmin/PDFs/Tuerkisch_web.pdf, 06.02.2014.
- [15] Web 3: <http://www.doganaytuğla.com/catalog/CAT9CEA/kaplama-tugla-serisi.aspx>, 06.02.2014

Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Malzemenin Yüksek Sıcaklıkta Hasar ve Gaz Emisyonuna Göre Analizi

Dr. Serkan Yatağan¹
Dr. Seda Erdem²

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Günümüzde çatı ve cephe malzemesi olarak polimerlerin kullanımı oldukça yaygın hale gelmiş olup polimer malzemeler pek çok geleneksel malzemenin yerini almış durumdadır. Özellikle üstün fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin yanısıra estetik açıdan sağladığı avantajlar sebebiyle, polimer ve polimer esaslı malzemelerin çatı ve cephe malzemesi olarak kullanımı tercih edilmektedir. Buna karşın, polimer malzeme yangın karşısında ve yüksek sıcaklık değerlerinde oluşan gaz emisyonları nedeniyle, kapalı mekanlarda hava kalitesini etkileyerek sağlığa zarar verici olmaktadır. Özellikle gelişen ısıtma ve aydınlatma sistemleri mekanların sıcaklıklarını yükseltirken, polimer ve polimer esaslı malzemelerde gaz emisyonu oluşmasına sebep olmaktadır. Yangın sırasında zehirli gaz çıkışı olarak veya yüksek sıcaklıkta rahatsız edici bir koku olarak mekanların konfor koşullarını etkilerken, insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda oluşan gaz emisyonlarının miktarı ve türü, polimer cinsine göre farklılık göstermektedir. Bunun yanında bu tür malzemelerde farklı malzemelerin kullanılması ve polimerin oranının azalması gaz emisyon değerinin azalmasını sağlamamaktadır. Çalışmada öncelikle polimer ve polimer esaslı malzemelerin, yangın ve yüksek sıcaklık derecelerindeki gaz emisyon değerlerinin, standartlarla nasıl ölçüldüğü analiz edilmiştir. Ayrıca, yangın ve sıcaklık yükselmelerinin oluşturduğu gaz çıkışının malzeme özelliklerine, malzeme bileşenlerine ve mekana etkileri incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Yangın, Polimer, Gaz Emisyonu, Hasar.

¹ Öğr. Gör. Dr. Serkan Yatağan, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim/İstanbul, Tel: (02122)931300-2385 , Faks: 0(212) 251 48 95 , yataganm@itu.edu.tr.

² Dr. Seda Erdem, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Kampüsü, 34437, Taksim/İstanbul, Tel: (02122)931300-2247, Faks: 0(212) 251 48 95, erdemsed@itu.edu.tr.

1. GİRİŞ

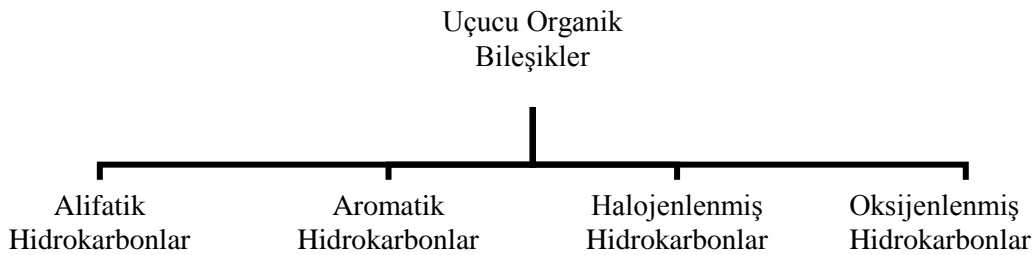
Gelişen inşaat ve yapı teknolojileri ile birlikte polimerler de yapının her sisteminde kullanılmaya başlanmıştır. Organik hammaddelerden oluşan polimerler işlenip, şekillendirme işlemleri sonrasında ekolojik malzeme olmaktan uzaklaşmaktadır. Polimerler karbon esaslı malzemelerden olmaları nedeniyle, düşük sıcaklıklarda, çeşitli kimyasalları gaz halinde etrafa yayarlar. Polimerlerin iç mekânda kullanılması durumunda etrafa yayılan kokular konforsuzluğa neden olmaktadır. Yayılan koku ve gaz emisyonu uçucu organik bileşen olarak tanımlanmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin birçoğu, insan sağlığını olumsuz etkilemekte, rahatsız edici kokular yaymaktadır. Polimerlerin çatı kaplaması olarak kullanılması durumunda ise emisyon değerlerinin yüksek olması durumunda, baca ve şaft boşluklarıyla binanın tümüne koku ve gaz emisyonu yayılacaktır. Bununla birlikte, polimer yapı malzemeleri yangın durumunda da koku ve gaz emisyonu yapmakta, oluşan koku ve gaz emisyonu insan sağlığını etkilemekte ve dış ortama yayılan gazlar hava kirliliğine neden olduğu için ekolojik dengeyi bozmaktadır.

Bu çalışmada, çatıda ve yapıda kullanılan polimer malzemelerin düşük sıcaklık ve yangın durumunda emisyon değerleri incelenerek, standartlarda istenen değerlerin nasıl olacağı belirtilecektir. Bu emisyon değerlerinin ölçüm yöntemleri hakkında bilgi verilerek, bu bilgiler ışığında bir değerlendirme yapılacaktır.

2. POLİMER YAPI MALZEMELERİNİN EMİSYONU

Oda sıcaklığında buharlaşabilen polimer malzemeler, karbon ve hidrojenden oluşan uçucu organik bileşik (UOB) diye tanımlanan kimyasalları emisyon ederler. Uçucu organik bileşikler, polar ve non-polar olarak iki grupta incelenirler. Karbon ve hidrojenden başka polar uçucu organik bileşikler oksijen, sülfür ve azot içermekte, non-polar uçucu organik bileşikler ise sadece karbon ve hidrojen içeren hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Non-polar uçucu organik bileşikleri, ppbv (hacimsel olarak milyarda bir kısım) seviyesinde ölçmek mümkün olmasına rağmen polar uçucu organik bileşikler kimyasal olarak reaktif olduklarından metal ve diğer yüzeylerle etkileşebilmektedirler. Suda çözünürlükleri yüksek olduğu için polar uçucu organik bileşik numunesi almak ve bu numuneleri düşük konsantrasyonlarda analiz etmek güçtür [1].

Uçucu organik bileşikler, kimyasal yapılarına göre de dört gruba ayrılır. Şekil 1’te uçucu organik bileşiklerin sınıflandırılması verilmiştir.



Şekil 1. Uçucu organik bileşiklerin kimyasal sınıflandırması [1]

Uçucu organik bileşiklerin emisyon kaynakları, genellikle insan faaliyetleriyle oluşan ve bina içinde etkili olan antropojenik kaynaklar ve biyolojik etkenlerden meydana gelen doğal kaynaklardır. Çeşitli kaynaklardan yayılan uçucu organik bileşiklerin, emisyon kaynakları, bina içinde kullanılan yapı malzemeleri iken bina dışındaki kaynakları ise genelde üretim, yükleme, taşıma ve boşaltma işlemleridir. [1].

“Antropojenik kaynaklar ise, üretilen polimer malzemelerde bulunan uçucu organik bileşiklerin çeşitli bina servis fonksiyonlarına göre düşük sıcaklıklarda buharlaşarak atmosfere önemli miktarlarda yayılmasıdır. Yapılan araştırmalarda uçucu organik bileşiklerin birçoğuna bina içinde de çok fazla miktarda rastlanmaktadır. Bina içinde rastlanan uçucu organik bileşiklerin türü, çeşidi ve miktarı binadan binaya değişim göstermektedir. EPA'nın Amerika Birleşik Devletleri'nin farklı bölgelerindeki evlerde yaptırmış olduğu araştırmalarda bina içinde üç yüzden fazla uçucu organik bileşiğe rastlanmıştır. Bu uçucu organik bileşiklerin bir kısmının kökeni bina dışı olduğu fakat çoğunluğunun kaynağının bina için yürütülen faaliyetler ve kullanılan malzemeler olduğu kaydedilmiştir.” [1].

Bina içinde en fazla görülen uçucu organik bileşikler; formaldehit, benzen, karbontetraklorür, trikloroetilen, tetrakloroetilen, kloroform, diklorobenzen [1,2 ile 1,4 arası], etil benzen, toluen ve ksilendir [1]. Tablo 1'de uçucu organik bileşiklerin kaynakları verilmektedir.

Tablo 1. Bina içindeki uçucu organik bileşikler ve bina içinde oluşum kaynakları [1].

Uçucu organik bileşiklerin bina içindeki kaynakları

Yapıştırılmış tahta, yapıştırıcılar, sunta, laminat parke, boyalar, plastikler, halıfleks, kumaşla kaplanmış sandalye ve koltuklar, CaSO₄ laminat, tutkallar, tavan kaplama ve paneller, lateks içermeyen macunlar, asitle muamele edilmiş ahşap kaplamalar, ahşap paneller, plastik/melamin paneller, polyester fiberler, vinil kaplı duvar kâğıtları, sentetik polimerler, poliüretanlar, çözücüler, stiren içeren maddeler...vb.

Bina içinde polimerlerin yaygın kullanımları sebebiyle, uçucu organik bileşik emisyonu, suların ve kapalı mekânların havasının kirlenmesine sebep olmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin pek çoğu zehirli, bazıları ise kanserojenik, mutajenik ve teratojeniktir [1].

Uçucu organik bileşiklerin emisyonu, tasarımcılar için önem arz etmesi nedeniyle uçucu organik bileşiklerin emisyonu, bütün dünyada yönetmeliklerce kontrol edilmektedir. Polimer malzemeler yapıda, konstrüksiyonda, dekorasyonda, boya, yapıştırıcı, katkı malzemesi, cephe ve çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır [2,3]. Bu malzemeler, uçucu organik bileşikler çıkararak, ortam konforunu olumsuz etkilemektedir. İç mekânda oluşan uçucu organik bileşik konsantrasyonu, dış mekânda oluşandan daha fazladır. İç mekânda oluşan toplam uçucu organik bileşik miktarı, dış mekânda oluşandan 10 kat daha fazladır. Örneğin bitüm kopolimer esaslı sıvı kaplamalar, uçucu organik bileşik olarak naftalin, aseptin ve bifenil çıkarmaktadır [4]. Ayrıca niteliği iyileştirilmiş ahşap malzemelerde, yapay taşlarda ve taş ile harç için kullanılan onarım katkılarında bulunan polimer malzemeler, farklı uçucu organik bileşik çıkarmaktadır.

Sıcaklık, uçucu organik bileşik emisyon değerlerini etkileyen en önemli çevresel parametrelerden biridir. Sıcaklığa ek olarak hava hızı ve nem de etkilidir [5]. Yapılan çalışmalarda, emisyon değerlerinin farklı sıcaklıklarda değişkenlik gösterdiği ve uçucu organik bileşik miktarlarının sıcaklığa bağlı olarak değiştiği sonucuna varılmıştır [6,7,8].

Yönetmelikler, standartlar ve yeşil bina endüstrisi çevreye an az zarar veren ve daha az karbon emisyonu yapan binaların yapımını önermektedir. En son yayınlanan yönetmeliklerde, uçucu organik bileşik miktarının belirlenmesi amacıyla çeşitli deneylerin yapılmasını gerekli kılınmıştır. Uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının, önerilen sınıflandırma değerleri, Tablo 2’de verilmiştir [9]. Standartlarda belirtilen uçucu organik bileşen miktarı olarak maksimum $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmektedir.

Tablo 2. Uçucu Organik Bileşik Miktarına Göre Sınıflandırılması [9]

<i>Uçucu organik bileşik konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Önerilen sınıflandırma</i>
< 0,25	Düşük
0,25 - 0,5	Ortalama
0,5 - 1	Hafif yüksek
1 - 3	Çok yüksek
>3	Fazla yüksek

2.1 Çatıda Kullanılan Polimer Malzemelerin Emisyon Değerleri

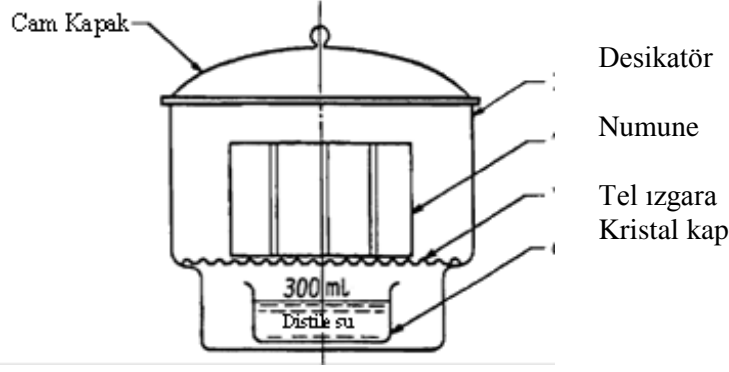
Binada kullanılan polimer malzemelerin gaz emisyonunun etkileri değişkenlik göstermektedir. Gaz emisyonları düşük sıcaklıklarda, yaşam konforunu azaltırken, yangın gibi yüksek sıcaklıklarda insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu zararları azaltmak amacıyla uçucu organik bileşikler hakkında ülkemizdeki ilk çalışma, 1986’da yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’dir. Bu yönetmelikle birlikte havaya ve ortama salınan ve insan sağlığını olumsuz etkileyen organik gaz ve buhar emisyonlarına sınırlama getirilmesi istenmiştir. Örneğin çatı kaplama malzemesi olarak çok fazla kullanılan polikarbonatlar, özellikle alifatik hidrokarbon ve polisiklik aromatik hidrokarbon emisyon etmektedir. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar çevre kirliliğine neden olmaktadır [10].

Polimer çatı kaplama malzemelerinin yaydıkları uçucu organik bileşiklerin miktarlarını azaltmak için, kullanılacak polimer çatı malzemesinin kimyasal bileşimi ve karakteristik özellikleri bilinmelidir. Buna ek olarak, polimer çatı malzemelerinin kullanıldığı mekânlarda havalandırma koşulları sağlanmalı ve ortam sıcaklığının $17 - 28^\circ\text{C}$ aralığında kalmasına dikkat edilmelidir. Yapım sürecinden önce polimer malzemelerin açık havada belirli bir süre bekletilmesi tavsiye edilmekte ve emisyon edilen uçucu organik bileşen miktarının $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’den az olması gerekmektedir. [11,14].

2.2 Polimer Malzemelerin Emisyon Değerlerinin Ölçüm Yöntemleri

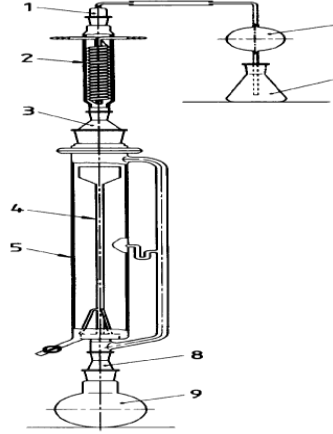
Polimer ve tüm malzemelerin emisyon ölçüm yöntemleri farklı ülke standartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Günümüzde en çok kullanılan yöntemler küçük ve büyük ölçekli kabinlerde yapılan emisyon ölçümleridir.

Japon standardına (JIS A 1460) göre yapılan emisyon ölçümlerinde 10 ± 1 litrelik cam desikatörler kullanılmaktadır [12]. Önce cam desikatörün içine distile veya deiyonize su koyulur. Numuneler, suyun üzerinde tel ızgaraya konarak cam desikatöre yerleştirilir ve 24 saat bekletildikten sonra numuneler alınarak distile suyun bulunduğu kap desikatörden çıkartılır. Çıkartılan distile su, kromotropik asit metoduyla incelenip, ne kadar uçucu organik bileşiği emdiği bulunur (Şekil 2).



Şekil 2. Desikatörle emisyon ölçüm deneyi [10]

Alman standardına (DIN EN 120) göre uçucu organik bileşiklerin miktarı perforatör ölçüm metoduyla yapılmakta ve Avrupa'nın birçok ülkesinde kullanılmaktadır. Bu ölçüm yöntemi için özel perforatör aparatı gerekmektedir. Belirli ağırlıkta numune ve tolyen, cam bir piknometre içine yerleştirilir. Bu cam piknometre perforatör ile bağlanır (Şekil 3). Perforatör içine 1 litrelik distile su konur. Daha sonra numunenin bulunduğu piknometre ısıtılarak tolyenin buharlaşması sağlanır. İki saat boyunca tolyen, distile su içinden buharlaşarak hareket eder. Distile su, buharlaşan tolye içindeki uçucu organik bileşikleri absorbe eder. İki saat sonunda distile su, UV spektrofotometre ile ölçülerek içerdiği uçucu organik bileşik miktarı belirlenmektedir [13].



Şekil 3. Perforatör ile cam piknometre düzeneği [13]

ASTM D 5116 standardına göre yapılan deney kabinlerinde ise temiz hava akım sistemi bulunmaktadır. Uçucu organik bileşik miktarının tayini küçük ve büyük emisyon kabinlerinde yapılmaktadır. Şekil 4'te örnekleri gösterilen küçük kabinler 20 litrelik iken, büyük kabinler yaklaşık olarak 30 m³'tür. Deneye başlamadan önce numunelerin boyutları ve ağırlıkları ölçülür. Küçük kabin ölçümlerinde, numuneler sabit nem altında oda sıcaklığı ve 50°C'de ayrı ayrı 4 gün boyunca emisyon kabinlerinde tutulmaktadır. Farklı sıcaklıklarda tutulan numuneler her sıcaklık için 24, 48 ve 96 saatte bir ağırlıkları ölçülerek buharlaşan uçucu organik bileşiklerin miktarı belirlenir. Büyük ölçekli kabinlerde yapılan ölçümler ise küçük ölçekli kabinlerdeki ölçümlere benzer olarak yapılmaktadır. Büyük kabinlerde, küçük kabinlerden farklı olarak emisyon çıkış değerleri ile sıcaklık ve rutubet değişimleri dışarıdan monitörlerle kontrol edilmekte ve ölçülmektedir. Ayrıca uçucu organik bileşiği toplayan kısımlar bazı büyük ölçekli kabinlerde bulunmaktadır. Hava akım hızı, buharlaşma için

ortalama 2,5 m/sn. olarak kabul edilmektedir. Yapılan ölçüm değerlerine göre emisyon faktörleri ve oranları, standartta belirtilen formüllerle hesaplanır [14,15].

3. POLİMER MALZEMELERİN YANGIN KARŞISINDA EMİSYON DEĞERLERİ

Polimerler, organik malzemeler olmaları nedeniyle yanıcıdır. Polimer malzemeler ısıtıldığında, polimer zincirlerinin kopması için gereken enerji oluşur ve çeşitli gaz molekülleri emisyon edilir. Eğer bu gazlar yanıcı ise, malzeme yanmaya başlar, yanıcı değilse duman halinde salınırlar. Polimer malzemelerin yangın sırasında yaptıkları emisyon değerleri, polimerin içindeki kimyasal bileşenlerin miktarına bağlıdır. Örneğin, nitrojen bileşiği içeren polimerler, yangın karşısında nitrojen oksit ve karbon dioksit, sülfür içeren polimerler ise sülfürik asit ve karbon dioksit gibi gazlar emisyon etmektedirler. Emisyon değerlerinin miktarı, yangın koşullarına göre değişiklik göstermektedirler. Yangın süresi uzadıkça, bu gazlar toksik maddeye dönüşmekte, insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedirler [16].



Şekil 4. Büyük ölçekli emisyon ölçüm kabini (solda) ve küçük ölçekli emisyon ölçüm kabini (sağda)

Polimerler yanınca yaptıkları gaz emisyonuna ve oluşturduğu kokuya göre değişkenlik gösterirler. Bazı polimerlerin erime sıcaklıkları, yanma durumları ve verdikleri kokular Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. Polimerlerin yanma özelliği ve verdiği koku [17]

<i>Plastik Türü</i>	<i>Erime nok.^oC</i>	<i>Yanma durumu</i>	<i>Verdiği koku</i>
ABS	—	sarı alevli, isli, yanma ve damlama	karakteristik
Akrilik	190	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma	meyve kokusu
Asetal	175	mavi alevli, ıssız yavaş yanma	formaldehit
Poliamid 6	207	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma,eriyip akma	yanık yün
Poliamid 66	254	tepesi sarı, mavi alevli yavaş yanma,eriyip akma	yanık yün
Polikarbonat	220	sarı alevle yanma, yakıcı alev çekilince sönme	fenol
Polyester	250	isli, sarı alevle yanma, damlama	karakteristik
Polietilen	105	tepesi sarı, mavi alevle yavaş yanma	mum, parafin
Polipropilen	168	tepesi sarı, mavi alevle yavaş yanma	tatlı ve dizel duman
Polistiren	190	çok isli, mavi alevle yanma	çuha çiçeği
Polivinil klorid	127	kenarları yeşil, sarı renkli	tuz asiti
Politetra fluoretilen	—	bozularak deforme olur	—

Polimerlerin yanma sırasında yaptıkları emisyon değerlerinin ölçümü için elektrokimyasal hücre metodu, UV (Mor ötesi) ve IR (kızıl ötesi) ölçüm prensipleri kullanılır.

“Elektrokimyasal hücre metodunda duyarlı bir elektrotta seçilmiş bir gaz bileşenin elektrokimyasal reaksiyonuyla ortaya çıkan elektriksel akımın ölçülmektedir. Kızılötesi (NDIR) yöntemle ölçümde, belli bir kızılötesi frekans bandında absorpsiyon özelliği olan bir gaz bileşeni konsantrasyonunun tayini için ölçüm gazı uygun frekans bandında (olabildiğince monokromatik) bir kızılötesi radyasyon ortamından belirli bir hızla geçirilir. Emme miktarı referans değerleriyle değerlendirilir. Mor ötesi (NDUV) yöntemde aynı sistem kullanılır, yalnız kızılötesi yerine morötesi frekans bölgesinde çalışılır. Bu yöntemlere ek olarak bazı gazların para manyetik özelliğinden yararlanarak ölçüm yapılmaktadır.” [18].

Çatı malzemesi olarak kullanılan polikarbonatlar UNI EN 13501-1 Avrupa standardına göre yangın sırasında sınırlı miktarda gaz emisyonu yapmakla birlikte yapısında fazla bozulma görülmemektedir. Polikarbonat malzemeler 450°C’den yüksek sıcaklıklarda, karbon monoksit ve fenol gibi zehirli gazlar emisyon ederek deformasyona uğramaktadırlar. Poliüretan çatı malzemeleri ise 250°C’de metilen difenil izosiyanat (MDI), metilen dianilen (MDA), CO ve HCN emisyon ederek bozulmaya başlar. Bu gazlar, insan sağlığı için zararlıdır. Çatı kaplama malzemesi olarak kullanılan PVC’nin, 150°C’de yapısında bozulmalar olmakta, 450°C’de ise tutuşmaya başlamaktadır. Yandığı zaman duman ve karbon monoksit, karbon dioksit, hidroklorür, dioksin ve furan gazları emisyon etmektedir. PVC’nin yaydığı bu gazlar, diğer polimer malzemelerin emisyon ettiği gazlardan daha az zararlıdır [19].

Son yıllarda ülkemizde yapılan binalarda, çatı aralarının yaşam alanı olarak daha yaygın kullanılmalarıyla birlikte, polimer malzemeler ekonomik olmaları ve ısı, su yalıtımını yeterli düzeyde sağlamaları nedeniyle çoğunlukla tercih edilmektedir. Bununla birlikte polimer malzemelerin yangın karşısındaki davranışı önem kazanmakta ve polimer malzemenin B_{ROOF} sınıfı malzemelerden ve zor alevlenici olması beklenmektedir. Ayrıca, çatı konstrüksiyonlarında polimer kullanıldığında, taşıyıcı sistemi oluşturan yapı malzemelerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekmektedir [20].

4. DEĞERLENDİRME

Ülkemizde yapı sektöründe, çatı konstrüksiyonunda ve yalıtımında polimer malzemeler çok fazla tercih edilmektedir. Uygun maliyet, kolay elde edilebilirlik, kolay uygulama gibi avantajlara sahip olan polimer malzemelerin dezavantajı farklı sıcaklık değerlerinde yaptıkları gaz emisyonlarıdır. Özellikle polimer çatı malzemelerinin güneş ışığı altında yapısı bozulurken, yüksek miktarda gaz emisyonu yapmaktadır. Bu durum hem çevreyi hem de bina içi hava ortamını ve konforunu olumsuz etkilemektedir. Yangın sırasında ise kimyasal yapısı bozulan polimerler, insan sağlığına zarar verecek miktarda gaz emisyonları da yapmaktadır. Avrupa Birliği uyum sürecinde oluşturulan yönetmeliklere göre bu gaz emisyonlarının belirli değerlerde olmalıdır. Yapım ve kullanım sürecinde da bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Yönetmeliklerde belirtilen değerlere ve kurallara uyulması durumunda, polimer çatı kaplama malzemelerinin kullanımı hem ekolojik hem de konfor koşulları açısından herhangi bir sorun oluşturmayacaktır ve kullanımı devam edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz, D., (2006) “Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Absorpsiyonla Giderilmesi” 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- [2] Schmidt-Etkins, D., (1994) “Ceilings: Walls and IAQ: Health Impacts. Prevention and Mitigation. Indoor Air Quality, Update”, Cutter Information Corp., Arlington, U.S.A.
- [3] Schmidt-Etkins, D., (1994) “Floor Coverings and IAQ: Health Impacts, Prevention and Mitigation. Indoor Air Quality Update”, Cutter Information Corp. Arhngton. U.S.A.
- [4] Brown, V.M., Cockram, A.H., Grump, D.R. ve Gardiner, D., (1990) “Investigations of the volatile organic compound content of indoor air in homes with an odorous damp proof membrane Indoor Air 90”. *Proceedings of 5th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, p.575-580. Toronto.
- [5] Wolkoff, P., (1998) “Impact of air velocity, temperature, humidity and air on long-term VOC emissions from building products”. *Atmospheric Environment*, 32 (14–15), 2659–2668.
- [6] Bremer, J., White, E. Ve Schneider, D., 1993. Measurement and characterization of emissions From PVC materials for indoor use. *Proceedings of the Sixth International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, vol. 2, Heisinki, pp. 419–424.
- [7] Cox, S.S., Little, J.C. ve Hodgson, A.T., (2005) “Effect of glass transition temperature on volatile emissions from polymer materials” *Proceedings of Indoor Air II* (1), 1845–1849.
- [8] Yang, X., (1999) “Study of building materials emissions and indoor air quality”. Massachusetts Institute of Technology. Ph.D. thesis, U.S.A.
- [9] Hutter, H., Moshammer, H., Wallner, P., Tappler, P. ve Kundi, M. (2005) “Volatile Organic Compounds: Guidelines From The Austrian Working Group on Indoor Air”. *Proceedings: Indoor Air 2005*.
- [10] Ancelet, T., Davy P.K., Trompetter, W.J., Markwitz, A. ve Weatherburn, D.C. (2013) “Carbonaceous Aerosols in a Wood Burning Community in Rural New Zealand”, *Atmospheric Pollution Research*, Vol.4, pp.245-249.
- [11] Güllü, G. (2013) “İç Ortam Hava Kirliliği: Uçucu Organik Bileşikler”.
- [12] JIS A 1460. (2001) “Building boards Determination of formaldehyde emission –Desicator method” (English Version).
- [13] DIN EN 120. (1992) “Determination of formaldehyde content Extraction method (known as perforator method)” (English Version).
- [14] ASTM D 5116. (2010) Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products.
- [15] Hodgson, A.T., Wooley, J.D., ve Daisey, J.M. (2012) “Emissions of Volatile Organic Compounds from New Carpets Measured in a Large-Scale Environmental Chamber”, *Journal of Air Waste Manage. Assoc.* 43, p.316-324.
- [16] Junod, T.L. (1976) “Gaseous Emissions and Toxic Hazards Associated with Plastics in Fire Situation- A literature review, Nasa Technical Note.
- [17] Erdem, S. (2008) “Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Levhaların Karşılaştırmalı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [18] Karadavut, D. (2012) “Emisyon Ölçüm Kuralları Ve Emisyon Ölçüm Programı”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Eğitim Semineri, Antalya.
- [19] http://envarinex.com/web_assets/docs/products/PVCandFire.pdf
- [20] Tataroğlu, F. (2011) “Çatılarda Yangın Güvenliği ve Malzeme Seçimi”, *Mimarlıkta Malzeme*, 20 (6) p.30-34.

Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım: Ahşap Polimer Kompozitler

Alperen Kaymakcı¹
Nadir Ayrılmış²
Turgay Akbulut³

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı Ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Yapılarda yapı elemanlarının dış etkilere karşı dayanıklılığını arttırmak, estetik görünüş kazandırmak ve ısı yalıtımı sağlamak amacıyla duvar, döşeme ve tavanlara kaplama yapılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde bu amaç doğrultusunda birçok malzeme grubu kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ve çevresel hassasiyet ile birlikte kaplama malzemelerinde de birtakım değişiklikler meydana gelmek suretiyle çehresi değişmiş ve ekolojik-sürdürülebilir ürünlere olan talepler artmıştır. Ekolojik ve sürdürülebilir nitelikteki ürünler, kullanım sonrası atıkların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi hususunda büyük avantajlar sağlamaktadır. Ahşap polimer kompozitler bu yöndeki çalışmaları sonucunda geliştirilen yeni nesil mühendislik ürünü malzemelerdir. Ahşap polimer kompozitler (APK) lignoselülozik malzemeyle polimerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir addir. Tanımda belirtilen “ahşap” kelimesi aynı zamanda lifsel yapıya sahip bütün tarımsal atıklar ve odunsu materyali kapsamaktadır. Bunun yanı sıra yine tanımda belirtilen polimer de termoset ve termoplastikleri kapsayan bir ifadedir. Ahşap plastik kompozitlerin içerisinde dolgu materyali olarak katılan ahşap, tarımsal atıklar veya diğer odunsu materyaller son ürün olarak kullanılacak materyalin fiyatını düşürmekte, hafifletmekte ve en önemlisi biyolojik olarak bozunabilir nitelik kazandırmaktadır. Ahşap plastik kompozitlerin biyolojik olarak bozunabilmesi çevresel olarak oldukça önemlidir ancak bu malzemelerin geri dönüşümünde sağlanabileceği düşünüldüğünde sağladığı katkı hiç şüphesiz son derece önemli bir avantajdır. Bu çalışmada ahşap polimer kompozitlerin dış cephe kaplaması olarak kullanım olanakları ve bunun ekolojik yönden faydaları irdelenecektir.

ANAHTAR KELİMELER

Ahşap polimer kompozitler, ekoloji, polimer, dış cephe

¹ Alperen Kaymakcı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, alperen.kaymakci@istanbul.edu.tr

² Nadir Ayrılmış, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, nadiray@istanbul.edu.tr

³ Turgay Akbulut, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, takbulut@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrası oluşan sosyal, kültürel ve ekonomik değişiklikler; beraberinde kullanıcı isteklerinde ve tercihlerinde büyük çaplı değişikliğe sebep olmuştur. Özellikle son 50 yılda gelişen teknolojiler özellikle malzeme biliminde ve teknolojisinde son derece büyük atılımlar yapılmasını sağladı. Geliştirilen yeni yöntemler, materyaller, hızla büyüyen nüfus ve ekonomi sonucunda kullanılan her türlü malzemenin artması aynı zamanda oluşan atık miktarında yükselmeye sebep oldu. Bu çerçevedeki atıkların flora ve fauna dengesini bozmadan bertaraf edilmesi ve ekonomiye kazandırılması için geri dönüşümü kaçınılmazdır. Bu amaçla “3R” kuralı birçok ülkede hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç daha az atık oluşturmak için kullanılan hammaddeyi azaltmak (Reduce), bir ürünün yeniden kullanılmasını sağlamak (Reuse) ve bir malzemenin geri dönüşümünün (Recycle) gerçekleştirilmesidir [1]. Ülkemizde halen atıkların büyük bir kısmı mevzuata uygun şekilde bertaraf edilmemektedir. Bu duruma yol açan pek çok idari, mali ve teknik sebep vardır. Ülkemizde geri dönüştürülebilir atıkların kompozisyonuna baktığımızda büyük bir kısmının kağıt-karton (%45.48), cam (%18.46) ve plastik (%13.19) oluştuğunu görmekteyiz [2]. Özellikle plastikler petrol kökenli malzemeler grubuna dahil olduklarında doğada kısa süre içerisinde bertaraf edilmeleri imkansızdır. Benzer şekilde plastiklerin bu şekilde yok olmasını beklemek ekonomik açıdan yerinde bir karar değildir. Plastiklerin geri dönüşüm yoluyla ekonomiye kazandırılması bu anlamda atılacak en önemli adımların başında gelmektedir. Polietilen, polipropilen ve polivinil klorür gibi polimerler ve lignoselülozik malzemeler polimer-kompozit üretiminde kullanılabilir. Plastiklerin (termoplastik) odun lifi ya da ahşap unuyla karıştırılarak şekillendirilmesiyle elde edilen ürünler ahşap plastik kompozitleri (APK) olarak adlandırılmaktadır. APK, kendisini oluşturan plastik ve ahşaba kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu özellikler arasında plastik malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve doğada daha kolay bozularak çevre dostu olmaları, ağaç malzemeye kıyasla ise daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri, çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları, geri dönüşümlü / atık malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir [1]. Ahşap plastik kompozitler kapı-pance doğraması, kamelya malzemesi, taban döşeme malzemesi ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak malzemenin çevreyle uyumlu, dış ortamdan kaynaklanan fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı, kolay işlenebilen, kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilen, işçilik ve inşaat maliyeti düşük, yeniden düzenleme ve bakım kolaylığı sağlayabilen bir yapıda olması gerekmektedir [3]. Bu çalışmanın amacı yukarıda bahsettiğimiz ahşap plastik kompozitlerin dış cephe kaplaması olarak kullanımının ekolojik yönden faydalarını belirlemektir.

2. APK ÜRETİMİNDE KULLANILAN DOLGU MADDELERİ

APK üretiminde çok değişik türlerde organik ve inorganik dolgu materyalleri kullanılabilir. Günümüzde halen APK üretiminde yoğun olarak inorganik dolgu materyalleri APK üretiminde değerlendirilmektedir. Ancak kalsiyum, talk, kalsiyum karbonat, alüminyum silikat, kil, cam dolgu, metal oksit benzeri dolgu maddeleri pahalı oluşları ve makine aksamında meydana getirdikleri aşınma dolayısıyla yerlerini organik dolgu materyallerine bırakmaya başlamışlardır. Odun unu ve lifleri, yıllık bitki lifleri, atık kağıt gibi organik dolgu maddeleri APK üretiminde başarıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde bu açıdan bakıldığında büyük miktarda orman endüstri atıkları ve tarımsal atıklar mevcut olup rasyonel bir şekilde değerlendirilmemektedir. Orman endüstri atıklarının ve tarımsal atıkların ekolojik olarak en büyük faydası biyolojik olarak bozunabildiklerinden çevreye herhangi bir zarar vermemeleridir. Bundan dolayı bu gibi lifsel kaynakların ahşap polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi çevresel açıdan çok büyük yarar sağlayacaktır. APK üretiminde kullanılabilen lifsel materyallere ilişkin bilgiler aşağıda kapsamlı bir biçimde aktarılmıştır.

2.1. Odun Lifleri

Odunsu hücreler yaptıkları göreve ve türlerine göre farklı yapı gösterirler. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının destek, iletim ve depolama görevi yapan elemanları vardır. Hücrelerin bu farklı

özelliklerinden dolayı bazı türler bazı kullanım yerlerinde daha üstün tutulurlar. Örneğin, uzun lifli türler lif levha ve kağıt yapımı için daha uygundur. Yapraklı ağaç odunları anatomik yapı bakımından, iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha karmaşık bir yapı göstermektedirler [5]. Tablo 1’de iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları gösterilmektedir.

Tablo 1. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları [5]

İğne Yapraklı Ağaçlar		Yapraklı Ağaçlar	
Hücre Tipi	Hücre Oranı (%)	Hücre Tipi	Hücre Oranı (%)
Traheidler	90-95	Lifler	15-60
Paranşimler	4-10	Traheleler	20-60
Reçine Kanalları	0-1	Özışınları	5-30
		Boyuna Paranşimler	0-15

2.2. Yıllık Bitki Lifleri

Yıllık bitkiler bol ve ucuz selülozik lif kaynaklarıdır. Tarımsal liflerin yapısı, özellikleri ve bileşimi onları kompozit, tekstil ve kağıt üretimi gibi kullanım alanları için uygun bir materyal yapmaktadır. Ayrıca tarımsal lifler yakacak, kimyasal madde, enzim ve yiyecek üretiminde de kullanılabilir [6].

Dünyada ve Türkiye’de odun dışı yıllık bitki kökenli lignoselülozik maddelerin yaklaşık potansiyeli Tablo 2’de gösterilmiştir [7].

Tablo 2. Dünya ve Türkiye lif kaynaklarının potansiyeli

Dünya Lif Kaynakları	Dünya Yıllık Bitki Sapı (ton)	Türkiye Kaynakları	Lif	Türkiye Yıllık Bitki Sapı (ton)
Tahıl sapsarı	1 145 000 000	Buğday sapsarı		18 000 000
Diğer sapsarı	970 000 000	Arpa sapsarı		8 000 000
Şeker kamışı	75 000 000	Pamuk sapsarı		3 000 000
Göl kamışı	30 000 000	Mısır sapsarı		2 500 000
Bambu	30 000 000	Ayçiçeği sapsarı		2 500 000
Pamuk lifi	15 000 000	Kendir-kenevir		2 000 000
Jüt, Kenaf, Kendir	10 900 000	Tütün sapsarı		300 000
Papirus	5 000 000	Çavdar sapsarı		240 000
Pamuk linteri	1 000 000	Pirinç sapsarı		200 000
Esparto otu	500 000	Göl kamışı		200 000
Sisal ve abaca yaprakları	480 000	Pamuk linteri		100 000
Sabaı out	200 000	Pamuk şiti		580 000
Odun	1 750 000 000	Asma çubuğu		600 000
Toplam	4 033 080 000			38 220 000

2.3. Atık Kağıt

Atık kağıt %40 oranında geri kazanılmaktadır. Kullanım oranı ise %32’dir. Buna rağmen yıllık 100 milyon ton kağıt ve kağıt karton kullanımı sözkonusudur. Kağıt endüstrisinde atık kağıdın kullanım miktarı artmıştır. Ayrıca, birçok kağıt ürünü % 100 atık kağıtla üretilemez. Bu yüzden bir başka pazar

için atık kağıtlar kullanılabilir. Kağıt endüstrisi atıkları da APK üretiminde lifsel hammadde olarak kullanılmaktadır.

Kompozit üretim yapan küçük-ölçekli işletmeler için kağıt endüstrisi atıkları oldukça uygundur. Kompozitler her türlü atık kağıttan yapılabilmektedir [8].

3. LİGNOSELÜLOZİK LİFLERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bireysel liflerin özellikleri kristallik derecesi, boyutları, şekli, yönelmesi, L/d oranı (narinlik oranı), hücre çeperi kalınlığı ve boşluk miktarına göre değişmektedir. Doğal liflerin özellikleri bitki türüne göre değişmektedir. Ayrıca, bir tür içinde lif özellikleri yetişme yeri, iklim ve yaşa bağlı olarak değişim göstermektedir [9]. Tablo 3'te bazı yaygın olarak kullanılan bitki liflerinin ve polimerik liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3. Yaygın olarak kullanılan bazı bitki liflerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ve sentetik liflerle karşılaştırılması

	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Çekme Direnci (N/mm ²)	Uzama (%)
Keten	1.5	4.13	51	2.5
Kenevir	1.48	4.29	119	3.5
Jüt	1.3-1.49	3.8	84	1.5
Kenaf	1.47	-	232	2.7
Ramie	1.51-1.55	3.28	121	4
Abaca	1.35	2.86	132	3.5
Ananas	1.44	2.23	20	0.88
Hindistan cevizi	1.15-1.46	1.03	31	16
Pamuk	1.5-1.6	1.19	80	5
Cam lifleri	1.35-2.55	10.52	400	3
Karbon lifleri	1.77	33.96	520	1.5
Aramid lifleri	1.44	17.96	405	2.5

Ahşap polimer kompozitlerinin elastikiyeti ve mekanik özellikleri polimer ve lifin mekanik özelliklerine bağlıdır. Polimerler özellikle termoplastikler odun liflerine göre daha düşük mekanik özelliklere sahiptir. Düşük yoğunluklu polietilen, yüksek yoğunluklu polietilen, polistiren ve polipropilenin yaklaşık olarak elastikiyet modülü 137,9-3447 N/mm² ve çekme direnci 4,13-8,26 N/mm², odun lifinin elastikiyet modülü 13790-41370 N/mm² ve çekme direnci 345-896 N/mm²'dir. Bu nedenle, uygun yönlendirme ve yük dağılımı sağlanarak odun liflerinin mekanik özellikleri ahşap polimer kompozitinin mekanik özelliklerini yönlendirebilir [10].

4. AHŞAP POLİMER KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ

Ahşap polimer kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri büyük oranda malzeme bileşenleri ve üretim yönteminden etkilenmektedir. Ahşap polimer kompozitlerin üretiminde kullanılan plastiklerin türü, lignoselülozik malzeme miktarı, lignoselülozik malzeme narinlik oranı (aspect ratio), uyum sağlayıcı ajan ve diğer katkı maddeleri esas olarak fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkilidir. Kullanım alanına bağlı olarak yukarıda bahsedilen malzeme bileşenlerinden ve üretim yönteminde arzu edilen değişiklikler yapılarak son ürün performansı geliştirilebilmektedir. Mühendislik ürünü bir malzeme olması dolayısıyla kullanım yerine ilişkin detaylar dikkate alınarak üretim reçetesinde maksimum fayda sağlayacak şekilde değişikliğe gidilebilmektedir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak olan malzeme kullanım yerinde ve servis ömrü boyunca basınç, çekme ve eğilme gibi mekanik etkilere maruz kalmaktadır [3]. Ahşap polimer kompozitlerin kullanım alanlarıyla

bakımından genelde plastik kerestelere alternatif olarak düşünüldüklerinden bunların ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmasında fayda vardır. Bu standard, poliefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin ne olması gerektiğini belirleyen bir standarttır. Eğilme direnci değerlerinin en az 6.9 MPa ve elastikiyet modülünün ise 340 MPa olması istenmektedir. Tablo 4'te ahşap polimer kompozitlerin mekanik özelliklerine ait literatürde yapılan çalışmalardan bazıları verilmiştir.

Tablo 4: Ahşap polimer kompozitlerin bazı mekanik özellikleri

Kompozit içeriği	Eğilme Direnci (N/mm²)	Elastikiyet Modülü (N/mm²)	Çekme Direnci (N/mm²)	Kaynak
%70 HDPE+ %30 AU	17.93	-	8.22	[1]
% 70 PP+ % 30 AU	36.3	3511	22.1	[12]
% 70 PP+ % 30 AU	47.1	5260	28.2	[13]

HDPE: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

AU: Ahşap unu

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde ASTM D 6662 de istenilen değerlerin çok üstünde sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak olan ahşap polimer kompozitlerin kullanım yerinde ve servis ömrü boyunca maruz kalacağı yükler dikkate alındığında tabloda verilen değerlerin bu kullanım yerine ilişkin yeterliliği sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda ahşap polimer kompozitlerin mekanik özellikleri esas alınarak düşünüldüğünde dış cephe kaplaması olarak kullanılmasında herhangi bir problem oluşturmayacağı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda ahşap plastik kompozitlerin diğer özelliklerini şu şekilde sıralamıştır [11];

- Rutubete karşı yüksek dirençlidir,
- Yüksek boyutsal stabiliteye sahip olup çalışması çok azdır,
- İsteğe göre boyutlandırılabilir,
- Daha az bakım gerektirir,
- Mantar ve böceklere karşı dayanıklıdır.

Ahşap polimer kompozit üretiminde kullanılan hidrofobik yapıda olan plastik dolayısıyla rutubete ve rutubet değişimlerine karşı oldukça dayanıklıdır. Hidrofob plastik materyal içerisinde iyi bir şekilde kapsüle olmuş lignoselülozik malzeme (ahşap, odun talaşı, yıllık bitki artıkları vb) unları hidrofilik karakterde olmalarına rağmen son üründe kullanım yerinde problem oluşturacak düzeyde çalışma (daralma ve genişleme) göstermez. Bundan dolayı ahşap polimer kompozitler yüksek boyutsal stabiliteye sahiptirler.

Ahşap yapısını oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin dolayısıyla mantar ve böcekler gibi ağaç zararlılarının etkisi ile deformasyona uğraması oldukça yaygın endüstriyel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mantar ve böcekler ahşabın bileşenlerini besin olarak kullanmak suretiyle ahşabı çürütmekte ve özellikle mekanik anlamda ciddi direnç kayıpları oluşturmaktadır. Ahşap polimer kompozit üretiminde kullanılan ahşap unu polimer matris içerisine iyi bir şekilde kapsüle edilmesi halinde ağaç zararlılarının uğrattığı tahribata karşı oldukça dayanıklı bir hal almaktadır. Ancak polimer matris ile ahşap unu arasındaki bağlanmanın ve karışımın iyi bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra ahşap polimer kompozitlerin üretim dizaynı içerisine dahil edilecek çeşitli katkı maddeleri sayesinde hem bağlanma artırılabilir hem de bu zararlılara karşı önlemler almak suretiyle daha stabil hale getirilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap polimer kompozitler kendisini oluşturan materyallerden daha üstün özelliklere sahip mühendislik ürünü malzemelerdir. Ahşap polimer kompozitlerin üretiminde kullanılan lignoselülozik esaslı materyallerin sağladığı biyolojik olarak bozunabilirlik ekolojik açıdan bu malzemeye olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır. Ekolojik olarak çevreye dost malzemelerin pazarda kabul görmesi ve devamlılığının sağlanması her geçen gün daha hayati bir hal almaktadır. Ahşap polimer kompozitlerin bu çalışmaya konu olan dış cephe kaplaması olarak kullanılma potansiyeli malzemenin gösterdiği üstün özellikler nedeniyle oldukça yüksektir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap polimer kompozitlerin servis ömrü sonunda geri dönüşüm yoluyla tekrar üretime kazandırılması veya doğaya bırakıldığında biyobozunur karakter göstermesi oldukça büyük bir avantajdır. Katı atık oluşumunun bu şekilde azaltılması her geçen gün daha da bilinçlenen son tüketicilere yönelik önemli bir tercih sebebi olacaktır. Bu şekilde çevre üzerindeki baskı azalacak ve aynı zamanda çevreci bir rol üstlenmiş olunacaktır. Ancak bu noktada gerçekten kafa karıştıran bir sorun da yok değildir. Şöyle ki ahşap polimer kompozitlerin içerisindeki biyobozunur karakterde olan lignoselülozik hammaddeler dolayısıyla ekolojik bir ürün olarak nitelendirilebilir. Bunun yanı sıra bünyesinde bulundurduğu biyolojik olarak degradasyonu oldukça güç olan polimer kısmının ekolojik olarak zararı açıktır. Bundan dolayı ekolojik olarak çevreye dost bir ürün tasarlanacaksa, bu problemin öncelikle giderilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Bundan sonraki aşamada ahşap polimer kompozitlerin dış cephe kaplamalarını da içine alan uygulamalarında doğada biyolojik olarak bozunabilen polimerler kullanılarak üretimi yoluna gidilmesi daha uygun olacaktır. Ancak bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar oldukça yenidir ve daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu konuda araştırmacılara ve devlete çok büyük iş düşmektedir. Araştırmacıların bu konu ile alakalı çalışmalara ivme vermesi, devletin ise yakın zamanda ekolojik ürünlerin üretimine ve teknolojisine altyapı sağlayacak teşvik tedbirlerini alması artık zaruri hale gelmiştir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Karakuş, K. 2008. Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen Atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- [2] www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-4.pdf (Erişim Tarihi: 06.02.2014)
- [3] Gezer, H. 2005. Dış Cephe Kaplamalarında Polimer Esaslı Malzemenin UV, Isı ve Suyun Bileşik Etkisi Karşısında Yüzey Dayanıklılığının Araştırılması, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ABD, İstanbul.
- [4] Ford, M. 1999. Research needs of the woodfiber-plastic composites marketplace, The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 199-201.
- [5] Akbulut, T. 2001. Lif Levha Endüstrisi Ders Notları, 21-24.
- [6] Reddy, N.,Y. Yang, 2005. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications, TRENDS in Biotechnology Vol.23 No.1.
- [7] Mengeloğlu, F., M.H. Alma, 2002. Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2):37-48.
- [8] Backiel, A. 1995. The fiber side of equation, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for Composites, Madison USA, 3-7.

- [9] Ray, D., J. Rout, 2005. Thermoset Biocomposites, In: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites Mohanty, A.K., M. Misra, L.T. Drzal, CRC Press, 291-345, Boca Raton.
- [10] Groom, L.H., S.M. Shaler, L. Mott, 1995. The mechanical properties of individual lignocellulosic fibers, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for Composite, Madison, Wisconsin.
- [11] Aslan, M., 2008. Odun plastik kompozitlerinde geri dönüşüm ve atık malzeme kullanımı. VI. Ulusal orman fakülteleri öğrencileri kongresi, s: 63-67.
- [12] Ayırmis, N., Kaymakci, A. 2012. Fast growing biomass as reinforcing filler in thermoplastic composites: Paulownia elongata wood, Industrial Crops and Products 43 (2013) 457– 464.
- [13] Ayırmis, N., Dundar, T., Kaymakci, A., Ozdemir, F., Kwon, J.H. 2014. Mechanical and thermal properties of wood-plastic composites reinforced with hexagonal boron nitride, Polymer Composites, 35(1), DOI 10.1002/pc.22650.

ENERJİ ETKİN TASARIMIN ÇATI VE CEPHELERE YANSIMASI

Selma USLUSOY ŞENYURT ¹
Müjde ALTIN ²

Konu Başlık No: 4 (Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri)

ÖZET

Sürdürülebilirlik, enerji etkinliği kavramları günümüzde mimari yapıların oluşumunu pekçok açıdan etkilemektedir. Enerji etkin tasarım, çevre kirliliği, küresel ısınma ve enerji sorunları açısından mimarlık alanında önemli yer tutmakta ve birçok alt kriteri içermektedir. Bu kriterlerin mimariye yansımaları, tasarım kurgusu ve sürdürülebilir malzeme seçimi olarak görülebilmektedir. Sürdürülebilir teknolojilerdeki yeniliklerin ortaya koyduğu malzeme seçenekleri yerel iklime bağlı olarak enerji etkin tasarımı şekillendiren alternatifler sunmaktadır. Mimari yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, tasarımın bu amaca bağlı gelişmesi kendini özellikle çatı ve cephe sistemlerinde göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından mimaride en çok kullanılan güneş enerjisinin cephe ve çatılar ile direk temas halinde olması, bu enerji kaynağına ulaşım kolaylığı açısından avantaj sunmaktadır ve bu yöndeki gelişmeleri cazip kılmaktadır. Çatı ve cepheler yapının en temel bileşeni olarak birçok fonksiyona sahiptirler. Yapıların çevresel etkilerinin azaltılması açısından da önemli fonksiyonları üstlenmeleri gerekmektedir. Çalışmanın amacı, enerji etkin tasarım kriterlerinin çatı ve cephelerde nasıl mimari ürüne dönüştüğünü aktarabilmektir. Bu kapsamda enerji etkin mimarlığın önemi açıklanarak, çatı ve cephelerde uygulanan enerji etkin tasarım kriterleri tanımlanmış ve mimari yapılardan örnekler verilmiştir. Sonuç olarak, bu amaca bağlı pekçok sistemin geliştirildiği ve mimariye hem estetik hem de enerji etkinliği açısından katkı sağladığı görülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER

Enerji Etkin Tasarım, Enerji Etkin Yapı, Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

¹ Selma USLUSOY ŞENYURT, Gediz Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Seyrek/İzmir, 02323550000, 02323550046, selma.uslusoy@gediz.edu.tr

² Müjde ALTIN, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca İzmir, 02323018448, 02324532986, mujde.altin@deu.edu.tr

ENERJİ ETKİN TASARIMIN ÇATI VE CEPHELERE YANSIMASI

1. GİRİŞ

Yaşamın her alanında kullanılması zorunluluk olan enerji kaynakları, konut, sanayi ve teknolojik gelişmelerde, hızla artış gösteren ihtiyaçlar nedeniyle tükenmek üzeredir. Binalar ise toplam enerji tüketimi üzerinde büyük yüzdeye sahiptir. Bu yüzden binaların rüzgâr ve güneş gibi doğal kaynakların kullanımını içeren enerji etkin tasarımla şekillenmesi gerekmektedir.

Enerji etkin tasarım ile hedeflenen, az maliyetli ve daha az enerji kullanımı ile aynı miktarda enerji ile daha çok iş yapılmasını sağlamaktır. Enerji etkin tasarım parametreleri yapı çevre oluşumunda kapsamlı düzeyde tasarım kararlarını içermektedir. Bu parametreler yerleşme ölçeği, bina ölçeği ve yapı elemanı ölçeği olarak üç grupta ele alınabilmektedir. Yerleşme ölçeğinde; binanın yerleşimi, arazi seçimi, binaların birbirine göre konumu önem taşırken, bina ölçeğinde biçimlenme, uygun hacim organizasyonu ve yapı elemanı ölçeğinde ise bina kabuğu özellikleri tasarımda önemli etken olmaktadır. [1]

Enerji etkin tasarım başlığı altında yapı kabuğu; iç ve dış arasındaki ayrımı yapan yapı elemanı olmasının yanında hava, ısı ve nem gibi fiziksel çevre kontrolünü de sağlamaktadır.

2. ENERJİ ETKİN TASARIMDA ÇATI VE CEPHELER

Yapı kabuğu iç ve dış ortam arasında ara yüz oluşturarak konfor koşullarının sağlanmasında tasarımsal ve iklimsel kurgu açısından etkin rol oynamaktadır. Yapı kabuğunun alt bileşeni olan cephe ve çatılar, enerji etkin tasarım kriterlerini farklı işlevler ile karşılayabilmektedirler. Bu işlevler;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı
- Isı yalıtımı
- Doğal aydınlatma
- Doğal havalandırma
- Güneş kontrolü şeklinde sınıflandırılabilir.

Yapı kabuğunun tasarımını etkileyen kriterler iklimsel verilere bağlı olarak şekillenmektedir. Kış döneminde cephede kullanılan açıklık oranı, malzeme seçimi gibi kriterler yalıtım, doğal aydınlatma ve güneşi kazanımına öncelik tanırken, yaz döneminde ise doğal havalandırma, aydınlatma ve gölgeleme önem kazanmaktadır. Yapı kabuğunda iç mekan konfor koşullarının sağlanması ve enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesine yönelik geliştirilen sistemler pasif ve aktif yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.1. Pasif Tasarım Kararları ile Şekillenen Çatı ve Cephe

Gerek enerji tasarrufunun sağlanması gerekse iç mekân konfor koşullarının istenen seviyede tutulması açısından yapı cepheleri ve çatıları büyük önem taşımaktadır. Bunun en önemli nedeni ise çatı ve cephelerin yani yapı kabuğunun iç ve dış mekânla bağlantılı olması, ayrıca fiziksel koşullara cevap verebilecek nitelikte olmasıdır. Enerji etkin yapı organizasyonu için yapı kabuğunun değişen çevresel koşullara uyum sağlayacak biçimde şekillenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının pasif yöntemlerle tasarıma entegrasyonu sağlanmalıdır. Pasif tasarım, iç mekân için gerekli olan konfor koşullarının sağlanmasında hem çevresel hem de ekonomik açıdan avantaj sunabilmektedir. Pasif sistemler, iç mekan için gerekli olan aydınlatma ve ısıtma ihtiyacını güneş enerjisinden sağlayan, doğal havalandırma ve soğutma işlevini rüzgâr enerjisinin kullanımına bağlı tasarım ilkeleriyle gerçekleştiren tasarım yaklaşımıdır. [2] Yapı tasarımında uygulanabilecek pasif sistem parametreleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- Yapı formu, yer seçimi, yönlendirme,
- Yapı kabuğunun fiziksel özellikleri,
- Güneş kontrol sistemleri,
- Doğal havalandırma tasarımı, atrium tasarımı
- Cephe kullanılan cam malzemenin fiziksel özellikleri.

Tüm bu parametrelerin bütünsel bir yaklaşımla ele alınması yapılarda, fosil yakıt kullanımının azaltılmasına katkı koymaktadır. Pasif tasarım ilkeleri, tasarım aşamasında yapının bulunduğu iklime bağlı olarak yapı kabuğunda alınacak tedbir ve malzeme kararlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Isıtma yükünün önemli olduğu kış döneminde yapı kabuğunun ısı davranışı iç mekân konfor koşullarını ve ısıtma enerjisini etkilemektedir. Isıtma istenen dönemde, kabukta ısı iletimi yoluyla oluşan kayıpların azaltılması gerekmektedir. Yapı kabuğunda ısı kayıplarının azaltılması için ısı izolasyonu uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra ısı depolama kabiliyeti olan malzeme kullanımı ile ısı kaçışları engellenerek, güneş ısısı pasif olarak kullanılmaktadır. Bu amaca bağlı cephe ve çatı sistemleri:

- Isı yalıtım malzemeleri
- Şeffaf yalıtım uygulamaları
- ETFE panel kullanımı
- Tromb duvarı
- Yeşil çatı uygulamaları şeklinde sıralanabilmektedir.

Yaz döneminde ise soğutma ihtiyacının doğal havalandırma yöntemleri ile sağlandığı tasarım etkin olmaktadır. Özellikle günümüzde plansız şehirleşmeye bağlı olarak birbirinin rüzgârını kesen, doğal havalandırma tekniklerinden yoksun yapılarda mekanik iklimlendirme sistemleri yoğun biçimde kullanılmaktadır. Tüm bunların sonucunda ise iç mekânda sağlıklı ortam oluşmakta ve soğutma enerjisi yükü artmaktadır. Yapıda enerji tüketiminin azaltılması ve iç hava kalitesinin artırılması için etkili bir doğal havalandırmanın sağlanması gerekmektedir. [3] Yapının;

- Hakim rüzgâr verilerini baz alarak yapı kabuğunun şekillenmesi,
- Pencere açıklıklarının bu amaca yönelik belirlenmesi,
- Rüzgâr bacası
- Atrium gibi sistemler,

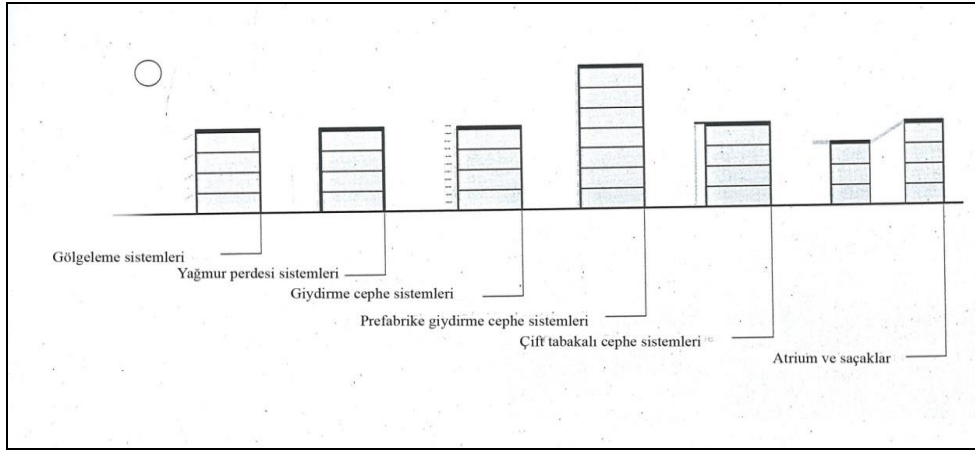
iç mekânda doğal hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Yaz döneminde yapılar için önemli olan bir başka pasif tasarım etkeni gölgeleme olmaktadır. Kışın ısıtma enerjisi sağlayan güneş ısısı yazın ise iç mekânda soğutma yükünü artırabilmektedir. Bu nedenle yapıya giren güneş ışınımının kontrol edilmesi gerekmektedir. Cepheye ve çatıya entegre edilen farklı gölgeleme elemanları, güneş kontrol camları ile güneş kontrolü sağlanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ise güneş kontrolünü doğal aydınlatma yükünü artırmayacak şekilde sağlamaktır.

2.2. Aktif Sistem Uygulamalarını İçeren Çatı ve Cephe

Enerji etkin yapı kavramının gelişmesi, bu konudaki yaptırımların artması ve bilinçli yapılaşma ışığında yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı kabuğunda kullanım yöntemleri farklı sistemleri beraberinde getirmektedir. Enerji etkin tasarım parametresinin bir girdisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için bir diğer yöntem yapı kabuğunun aktif sistem öğeleri olarak ele alınması olmaktadır. Burada amaç, iç mekânda gerekli olan konfor şartlarının sağlanmasında yani başlıca ihtiyaçlar olan ısıtma, soğutma, aydınlatma enerjisinin tüketilebilir, pahalı kaynaklardan sağlanmasını engellemek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılara adaptasyonunu gerçekleştirebilmektir. Bu amaca yönelik geliştirilen aktif sistemler; güneş ve rüzgâr enerjisini iç mekânda kullanılabilir kılan mekanik ve elektronik sistemler bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Yapı kabuğunda güneş enerjisinden yararlanabilmek için PV paneller kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisinden ise Rüzgâr türbinleri vasıtasıyla aktif sistemler olarak yararlanılmaktadır.

PV paneller güneş ısısını elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken sistemlerdir. Yapı kabuğu, doğrudan güneş ışınlarına maruz kaldığı için PV panellerin yapıda kullanımında verim açısından en uygun bileşen olmaktadır. Güneş pillerinin verim oranları, çalışma prensipleri bakımından maruz kaldıkları güneş ışınım değerlerinden ve güneş ışınlarının geliş açısına bağlıdır. Paneller, uygulanacağı yerin yıllık güneşlenme süresi dikkate alınarak, tasarım aşamasında etüt edilmelidir ve güneş ışığını dik alacak şekilde uygun açıyla konumlandırılmalıdır. PV paneller yapı cephesinde farklı şekilde tasarım olanağı bulabilmektedir. (Şekil 1) Bu sistemler;

- Gölgeleme elemanı, (strüktüre eklendiği için en basit şekilde yapıya entegre olabilmektedir. Elektrik üretiminin yanında güneşten koruma sağladığı için çift fonksiyon yerine getirmektedir).
- Yağmur perdesi, (geleneksel yapı elemanına dış yüzeyden monte edilmektedir.),
- Giydirme cephe sistemleri,(hafif giydirme cephe sistemlerinde opak yada şeffaf cam panel yerine PV panel uygulamasıdır),
- Çift tabakalı cephe sistemleri olarak sıralanabilmektedir. [6]



Şekil 1. Yapı kabuğunda PV panel entegrasyon seçenekleri [6]

PV paneller yapı kabuğu olarak cephede kullanımının yanısıra aktif sistem ögesi olarak çatıda da yer alabilmektedir. Çatıda kullanıldığında uygun eğim açısının daha kolay verilmesi bakımından verimlilikleri daha yüksek olmaktadır. Bir diğer avantajı ise mevcut yapılarda enerji etkin iyileştirme kapsamında çatıya entegrasyonunun daha kolay olmasıdır. PV panellerin çatı uygulamaları;

- Bina Monte PV Sistemler
- Bina Entegre PV Sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Bina monte PV sistemler çatı kaplamasının üzerine uygulanmaktadır. Kaplama ve panel arasında boşluk bırakıldığı takdirde paneller havalandırıldığı için enerji verimlilikleri artmaktadır. Bina entegre PV sistemler ise, çatı strüktürünün yerini alarak kabuğun kendisini oluşturmaktadır.

Çatı ve cephelerde kullanılan bir başka aktif sistem yöntemi ise rüzgâr türbinleri olmaktadır. Rüzgâr enerjisinden elektrik elde eden bu sistemler yapılarda özellikle çatılarda kullanım tercihine sahiptir. İç mekan tasarımını etkilemesi ve gürültü sorunu yaratmasına bağlı olarak cephelerde kullanımı daha az olmaktadır. Rüzgâr türbinleri yapıda:

- Bina-monte rüzgâr türbinleri
- Bina-entegre rüzgâr türbinleri olarak iki şekilde kullanılmaktadır.

Bina-monte rüzgâr türbinleri, çatı yada cephe formundan bağımsız, yapıyı kule olarak kullanan sistemlerdir. Bina-entegre rüzgâr türbinleri ise, tasarım aşamasında rüzgâr enerjisinin kullanımının esas alındığı yapıların bu tasarımla şekillendiği sistem biçimidir.

3. ENERJİ ETKİN ÇATI VE CEPHELERE SAHİP YAPI ÖRNEKLERİ

Enerji etkin tasarım ile doğal kaynaklardan optimum yarar sağlayan, aktif ve pasif sistemlerle desteklenen yapı kabuğu, iç mekan konfor koşullarının sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu bölümde enerji etkin tasarım kararlarının uygulandığı yapı örnekleri, çatı ve cephelerde kullanılan yöntem ve tasarım açısından değerlendirilecektir.

3.1. BedZed Konutları

İngiltere’de 2009 yılında inşa edilen konut yerleşimi enerji etkin tasarım kararları ile şekillenen bu amaca bağlı aktif ve pasif sistem kararlarını taşıyan yapı grubu olmaktadır. [4]

Cephede, termal kütle kullanımını içeren yapı, yıl boyunca pasif iklimlendirmeden yararlanmaktadır. Isıtma ve soğutma için mekanik sistem ihtiyacının ortadan kalktığı projede cephe, yüksek yalıtım, yüksek ısıtılabilir kütle(ağır agregalı beton duvar), enerji performansı yüksek yapısı ile güneş enerjisiyle ısıtılmakta, pasif yöntemlerle havalandırılıp soğutulmaktadır. Pasif yöntemlerin yanı sıra PV modül cam kullanımı ile hem elektrik enerjisi hem de gölgeleme sağlanmaktadır.



Şekil 2. Güney cephesinde elektrik enerjisi ve gölgeleme fonksiyonunu sağlayan PV hücre lamine cam uygulaması [5]

Çatıda, mekan serinletme için alışlagelmiş konvansiyonel havalandırma sistemi dışında havalandırma bacası tercih edilmiştir. Bacalar rüzgar basıncına bağlı havayı emerek dışarı atmakta doğal havalandırmaya katkı sağlamaktadır. Yapının enerji kazancının güneş enerjisinden sağlanması amaçlı 180 adet monokristalin PV modül çatıya monte edilmiştir. 157m²’lik alanı kaplayan PV modüllerden yıllık enerji kazanımı 16.230 kWh’dir. [6]



Şekil 3. PV panellerden görünüm [5]

3.2. Kaliforniya Bilim Akademisi

Mimar Renzo Piano tarafından tasarlanan Kaliforniya Bilim Akademisi'nin yeni müze eki binası Golden Gate Park'ta yer almaktadır. Yapı; yeşil çatı, doğal havalandırma, doğal aydınlatma, PV panel kullanımı gibi bir dizi sürdürülebilir özellikleri kapsamaktadır.

Cephede, yapının üst örtüsünü oluşturan yeşil çatının çevresi boyunca uzanan saçağa PV panel entegre edilmiştir. 720 PV modül içeren saçak yılda yaklaşık olarak 213.000 kWh enerji üretmektedir. Bu enerji müze yapısının elektrik ihtiyacının %5'ini karşılamakta ve gölgeleme sağlamaktadır. [6]



Şekil 4. Yapı saçağında bulunan PV paneller [7]

Çatı, ısı ve nemi optimize eden, doğal havalandırma ve aydınlatmayı sağlayan teknolojileri kapsamaktadır. Doğal havalandırma ve aydınlatmanın sağlanması için gerekli durumlarda açılıp kapanabilen çatı ışıklıkları yapıda yer almaktadır. Aynı zamanda yeşil çatı uygulaması ile ısı yalıtımına katkı sağlanmaktadır. [6]



Şekil 5. Yapı çatısında bulunan açılabilir ışıklıklar[7]

3.3. Kuzey Apartmanları

Helmut Jahn tarafından tasarlanan konut yapısı, güneş ve rüzgâr enerjisinin avantajlarından yararlanarak işletim maliyetini düşürmeyi hedeflemektedir.

Cephede, ısı yalıtımı amaçlı sert köpük kullanılan, 0,4 U-faktörlü Low-e cam sisteminin olduğu metal panel kullanılmıştır. Kuzeybatı-güneydoğu yönünde yer alan açılabilir pencereler ile gün ışığı ve doğal havalandırma sağlanmaktadır.

Çatıda, 8 adet rüzgâr türbinlerinin entegrasyonu ve PV panellerle güneş enerjisinin de kullanıldığı yapıda binanın elektrik ihtiyacının %15'i karşılanmaktadır. Bina geometrisi ve yönlmesi rüzgâr hızını arttırmak için özel olarak tasarlanmıştır. Çatı kenarlara doğru rüzgârı türbinlere almak için eğri form almaktadır. [8]



Şekil 6. Metal panel kaplama cepheden görünüm [8]

3.4. Strata Tower

148 m yüksekliğinde gökdelen, 43 katlı rezidans olarak tasarlanmıştır. Fosil yakıt kullanımını minimize etme amacı taşıyan yapıda, doğal havalandırma, yüksek performanslı cam kullanımı, enerji etkin önlemler ile yapının enerji kullanımı, mevcut yapının enerji kullanımına kıyasla %60'ın altındadır. [9]

Cephede, çevresel etkileri azaltmak için bazı pasif yöntemler seçilmiştir. Doğal havalandırma amaçlı kabukta bazı bölümlerde nefes alabilen katmanlar kullanılmıştır. Isı kayıp ve kazançlarını kontrol edebilmek için Low-e pencere tercih edilmiştir. [9]

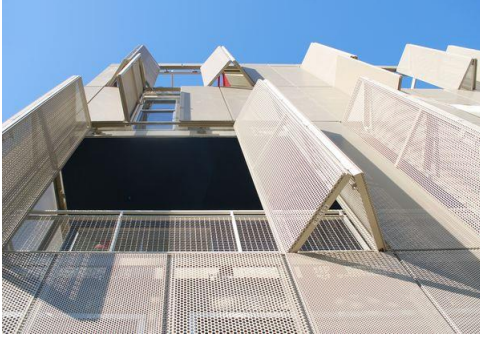
Çatı, 3 adet rüzgâr türbininin kabuğa entegrasyonu ile yapının elektrik ihtiyacının %8'ini karşılamaktadır. 9 metre çapındaki türbinler normalde 3 kanatlı olan türbinlerden farklı olarak gürültüyü azaltmak için 5 kanada sahiptir.



Şekil 7. Rüzgar türbinleri [9]

3.5. Cherokee Lofts

Hollywood'da ilk Leed Platinium sertifikasına sahip konut, enerji tüketiminin azaltılması ve yapı performansının artırılması amacı ile pasif tasarım stratejilerine sahiptir. Konut bloğunun sahip olduğu pasif tasarım kurgusu, kullanıcı tarafından kontrol edilebilen çift tabakalı cephe sistemidir. Dış katmanı oluşturan üzeri delikli 3.2 mm kalınlığındaki alüminyum paneller gerekli durumda açılıp kapanabilmektedir. Bu paneller sadece mimari eleman olarak değil, aynı zamanda günışığının iç mekana alınması, gölgeleme ve havalandırmanın sağlanması ile iç mekan konfor şartlarını pasif yöntemlerle iyileştirmek için kullanılmışlardır. [10]



Şekil 8. Cephede kullanılan gölgeleme elemanı [10]

4. SONUÇ

Enerji etkin mimarinin tasarımı cepheler ve çatılara ne ölçüde ve ne şekilde yansıtıldığını incelemek için 5 örnek bina ele alınmıştır. Tasarım aşamasında verilen karara bağlı olarak, her yapının çatı ve cephesinin, iç mekan konfor şartlarını üst düzeyde tutma amacını taşıdığı görülmektedir. Strata Tower, Kuzey Apartmanları, Kaliforniya Bilim Akademisi, Bedzed Konutları hem çatı hem de cephe kuruluşu tasarımı aktif ve pasif tasarım kriterlerini içermektedirler. Cherokee Lofts yapısı ise sadece pasif tasarım kararlarını içermektedir. Seçilen sistemlere bakıldığında, öncelikli olarak ısı konforun sağlanmasına yönelik tasarım kararlarının alındığı, sonrasında ise yapı için enerji üretiminin amaçlandığı görülmektedir. Ele alınan yapılarda cephe ve çatıda kurgulanan tasarım özelliklerinin karşılaştırılması için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 1. Yapılarda çatı ve cephelerde kullanılan sistem ve fonksiyonları

Yapılar	Yönlendirme	Malzeme	Yapı kabuğu	Sistem	İşlev	Aktif/Pasif
Strata Tower	Güney-Güneybatı	Giydirme cephe	Cephe	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
			Çatı	Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi	aktif
Kuzey Apartmanları	Kuzeybatı	ısı yalıtımı metal panel	Cephe	Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
			Çatı	PV Panel Rüzgâr Türbinleri	Elektrik üretimi Elektrik üretimi	aktif aktif
Kaliforniya Bilim Akademisi	Güney	yeşil çatı	Cephe	PV Panel saçak	Elektrik üretimi Gölgeleme	aktif pasif
			Çatı	Işıklık	Doğal aydınlatma Doğal havalandırma	pasif pasif
Bedzed Konutları	Güney	agregalı beton duvar	Cephe	Termal kütle	Isıtma-soğutma	pasif
				Low- E cam	Isıtma-soğutma	pasif
				PV hücre lamine cam	Elektrik üretimi	aktif
				PV hücre lamine cam	Gölgeleme	pasif
Cherokee Lofts	Doğu	-	Cephe	Delikli metal panel	Gölgeleme	pasif
					Doğal havalandırma	pasif

Tablo incelendiğinde, yapı kabuğu malzeme açısından ele alındığında, öncelikli olarak ısı yalıtımı açısından uygun malzeme seçimi tercih edilmiştir. Isı yalıtımlı metal panel, agregalı beton duvar ve yeşil çatı gibi malzeme seçimi ile geleneksel yöntemlerin dışına çıkıldığı görülmektedir. Kabuk sistem açısından incelendiğinde ise PV panel, rüzgar türbinleri, delikli metal panel, ışıklık kullanımına rastlanmaktadır. İncelenen örneklerde tek bir sistemin ana fonksiyonu dışında başka amaçlara hizmet ettiği saptanmıştır. Örneğin Bedzed Konutları ve Kaliforniya Bilim Akademisi'nde PV panel, işlev tanımına göre farklı tasarıma sahiptir. Gölgeleme amacıyla binaya monte şekilde saçakta, binaya entegre olarak cama lamine biçimde kullanılabilen aynı zamanda elektrik üretmektedir. Kaliforniya Bilim Akademisi'nde yeşil çatı üzerinde kurgulanan otomatik açılabilir camlar ise hem doğal havalandırma hem de aydınlatmaya yardımcı olmaktadır.

Cephe ve çatılar arasında fonksiyon açısından önem derecesi incelendiğinde ise; cephelerde ısı konfor, gölgeleme ve elektrik üretiminin, çatılarda ise doğal havalandırma ve elektrik üretimi ihtiyacının ön plana çıktığı tasarım kararları alınmıştır. İncelenen yapılarda aktif ve pasif sistemlerin bazen birden fazla ihtiyacı karşılayabildiği görülmektedir. Tek bir sistem ile birden çok fonksiyonun karşılanabilirliği ise hem estetik hem ekonomik hem de çevresel açıdan mimari yapılara artı değer katmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Manioğlu, G., Geleneksel Mimaride İklimle Uyumlu Binalar: Mardin'de Bir Öğrenci Atölyesi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (2007)
- [2] Dikmen,Ç., Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic*, Sayı: 2 s. 121-134, (2011)
- [3] Esin,T.,Yüksek,İ., Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi, *Tesisat Mühendisliği - Sayı 125 – syf 63-64* (2011)
- [4] Utkutuğ,G.(2007).Sıfır enerjili binalar, İngiltere ve Çin'den uygulama örnekleri, *Tasarım*,170,116-123
- [5] Twinn,C.(2003). BedZED, *The Arup Journal*,17,10-16
- [6] Roberts,S.& Guariento,N.(2009) *Building integrated photovoltaics: a handbook*. Berlin:Birkhäuser,s.45
- [7] *California Academy of Sciences*,(n.d.), Retrieved April 24, 2012, from www.arup.com
- [8] *Green Projects*, (n.d.).Retrieved May 23, 2012,from brightgreenresearchblog.wordpress.com
- [9] Vaughan, A, (April 4, 2010).London landmark building will generate 8% of its energy needs. *The Guardian home*, 20 Nisan 2012 <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/mar/14/razor-tower-wind-turbines>
- [10] Cherokee Lofts: Renovated Recording Studio Seeks LEED <http://occinteriordesign.blogspot.com/2013/05/cherokee-lofts-renovated-recording.html>

Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri ve Kentsel Tarım Olanakları

Mert EKŞİ¹
D.Bradley ROWE²

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Kentsel tarım kavramı, kentleşmenin ve gelecekte kent nüfuslarında beklenen artışın etkisiyle, son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Gıda güvenliği, tedariki ve çevre kirliliği ile ilgili kaygılar, kent ortamında tarımsal üretimin önemini arttırmaktadır.

Doğal ekosistemlerden farklı olarak kentsel alanlar yoğun kullanımlara ve yapısal çevrenin olumsuz etkilerine maruz kalmaktadır. Bunun yanı sıra yapı yüzeyleri, kentlerdeki geçirimsiz yüzeylerin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Kentlerdeki geçirimsiz çatı yüzeylerine bitki, yetişme ortamı ve suyun eklenmesiyle, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kent ekosisteminde ortaya çıkan bazı çevresel sorunların (yüzeysel akış, kentsel ısı adası etkisi, enerji tüketimi gibi) azaltılmasında düzenleyici bileşenler olarak kullanılabilir.

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, sahip oldukları kısıtlı yetişme ortamlarına, su tutma kapasitelerine ve buldukları konumda maruz kaldıkları değişken hava koşullarına rağmen, uygun bitki türü, yetiştirme teknikleri ve yetişme ortamı seçimi ile kentsel tarım uygulamaları için bir fırsat oluşturmaktadırlar. Kullanımda olmayan çatı yüzeylerinin çatı üzeri tarım alanlarına dönüştürülmesi, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin gıda üretimi amacıyla kullanımına olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma, Michigan State Üniversitesi Yeşil Çatı Araştırma Programı kapsamında 2013 yılında gerçekleştirilen ve bitkilendirilmiş çatı sistemlerinde gıda üretimini amaçlayan çalışmaların sonuçları ışığında, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kentsel tarım uygulamalarındaki konumunu ülkemiz ölçeğinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER

Bitkilendirilmiş çatı, yeşil çatı, kentsel tarım, yetişme ortamları, gıda üretimi

¹ Yrd.Doç.Dr. Mert EKŞİ, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, 34473 Bahçeköy – Sarıyer, İstanbul, TÜRKİYE, T 0 212 226 11 00, F 0 212 226 11 13, merteksi@istanbul.edu.tr

² Prof.Dr. D.Bradley ROWE, Michigan State University Department of Horticulture, Michigan State University, A212 Plant and Soil Sciences Building., East Lansing, MI 48824, USA, 517-355-5191 x1334, rowed@msu.edu

1.GİRİŞ

Tarımın icadı günümüzden yaklaşık 10.000 sene öncesinde gerçekleşmiş ve günümüze kadar geçen süre içerisinde çok çeşitli biçimlerde karşımıza çıkmıştır [1]. İnsanın kendi gıda ihtiyacını karşılamak amacıyla yakın çevresinde gerçekleştirdiği tarımsal faaliyetler, günümüzde, küresel ölçekte bir endüstriye dönüşmüştür.

Dünyamız artan gıda talebi, nüfus artışı ve ekolojik bozulma olmak üzere üç temel sorunla yüzleşmektedir [2]. 20 yüzyılın sonlarından itibaren kentler, insanoğlunun yaşadığı temel habitat haline dönüşmeye başlamıştır [3]. Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde nüfusun büyük çoğunluğunun şehirlerde yaşadığı ya da çalıştığı görülmektedir [4]. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar, 2030 yılında dünyada nüfusunun yüzde altmışının şehirlerde yaşayacağını öngörmektedir [5]. Gelecek perspektifi açısından önem taşıyan kentleşme kavramı, Forman'a [6] göre insanların ve yapılaşmış alanları yoğunlaşması ve dışa doğru yayılmasının bir bileşimidir. Kentleşmiş alanlarda karşılaşılan en temel zorluk, kentte yaşayan insanlara gıda, su ve barınak gibi temel ihtiyaçlarını karşılama imkanı sunmaktır [7].

Tarımsal ürünlerin küresel ölçekteki ithalatı ile bu ürünlerin üretimi ve taşınmasında harcanan enerji miktarı, çevresel etkileri nedeniyle önem taşımaktadır. ABD'de bir gıda ürünü kent merkezindeki bir tüketiciye ulaşana kadar ortalama 2080 km'lik bir yol kat etmektedir [8]. Kentsel çevrede gerçekleştirilen tarımsal uygulamaların genel adı olan kentsel tarım^{1,2}; üretim, işleme, dağıtım, erişim, tüketim ve bertaraf geri dönüşüm işlemlerinin kent yakınında gerçekleştiği yerleşmiş bir gıda sistemi olarak tanımlanmaktadır [9] Kentsel tarım uygulamaları, ev bahçeleri, kurumsal bahçeler (okullar, hastaneler, fabrikalar), fidanlıklar, çatı üzeri bahçeler, kilerler ve ahırlarda görülebilmektedir. Genel anlamda kent içi tarım faaliyetleri kent yakınındakilere oranla daha küçük ölçekte gerçekleşmektedir [10].

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, dünya tarihi boyunca kadim medeniyetler tarafından kullanılmış olsalar da, bu bileşenlerin ticari amaçlı kullanımı ve yaygınlaşması 1960'lı yıllarda Kuzey Avrupa'da görülmüştür [11]. Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, son yıllarda fiziksel çevreye sağladıkları çeşitli yararlar ile önemli bir kentsel bileşen haline dönüşmüşlerdir. Yapılan araştırmalar, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kent ve bina düzeyinde birçok katkıları olduğunu ortaya koymaktadır. Ülkemiz ölçeğinde ise bu sistemlerin bilinirliği ve ticari açıdan yaygınlaşmalarının tarihi oldukça kısadır. Geçmiş yıllarda bazı münferit uygulamalar mevcut olsa da, bu sistemler konusunda uzmanlaşma ve yaygın ticari uygulamalar 2000'li yılların başlarına denk gelmektedir.

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, genel anlamda ek bir işlev üstlenmeyen bina çatılarının kent ekolojisine dahil olmasını ve çevresel yaşam kalitesinin artırılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sistemlerin kentsel tarımda kullanılması ise, kentin yerleşim bölgelerinde beslenme ve gıda güvenliğini arttıran ve bu alanların enerji güdümlü küresel gıda ekonomisine olan bağımlılığını azaltarak, kentsel tarım faaliyetlerinin yoğunlaştırılmasını sağlayan bir yoldur [12]. Çatı sistemlerinin kentsel tarım araçları olarak kullanımı, günümüzde "çatı üstü çiftçilik"³ kavramını ortaya çıkarmıştır. Ancak bitkilendirilmiş çatı sistemleri ile kentsel tarımın birleşimi ile elde edilmesi olası yararların yanında, kurulum ve bakım masrafları, ağırlık kısıtlamaları, yetişme ortamı bileşimi ve derinliği, olası su kalitesi sorunları ve atık su yönetimi ile gıda üretiminin, bu sistemlerce sağlanan çeşitli katkılara olan etkilerinin gelecek yıllarda araştırılması gereklidir [13].

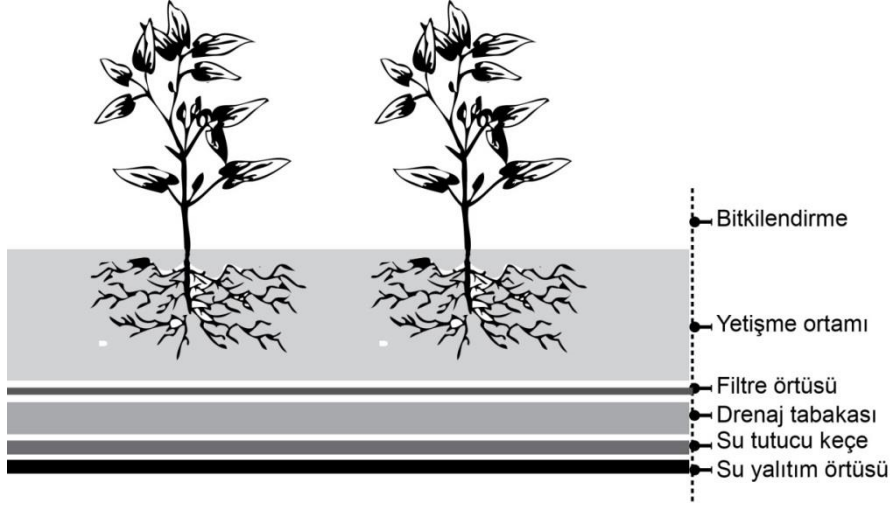
¹ Kentsel tarım (*ing. urban agriculture*): Bahçecilik, bağcılık, geleneksel tarım ya da çiftçilik faaliyetlerinin küçük parseller yardımıyla kent merkezi ve yakın çevresine taşınması olarak tanımlanmaktadır [14-16].

² Kentsel tarım, zaman zaman kent çiftçiliği (*ing. urban farming*) olarak da adlandırılabilir.

³ Çatı üstü çiftçilik (*ing. rooftop farming*) yapıların üzerinde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerdir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, 2013 yılının bahar ve yaz aylarında Michigan State Üniversitesi Hortikülür Eğitim ve Araştırma Merkezi'nde bulunan deneme platformları üzerinde gerçekleştirilen araştırmaların yardımıyla, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kentsel tarım kapsamındaki yerini araştırmayı hedeflemiştir. Yapılan denemeler, çalışma alanında bulunan ve tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemine uygun yapısal özelliklerdeki araştırma platformları üzerinde gerçekleştirilmiş ve bu platformlar, tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemine uygun biçimde sırasıyla bitki köklerine dayanıklı su yalıtımı, su tutucu keçe, drenaj katmanı, filtre örtüsü ve yetiştirme ortamı içerecek şekilde tasarlanmıştır. 10 cm derinliğe sahip farklı yetiştirme ortamlarında ev bahçelerinde sık kullanılan bitki türleri ürün verimliliği ve bitki gelişimi bağlamında değerlendirilmiştir.



Şekil-1 Deneme platformunun yapısal katmanları

Parseller üzerinde bulunan bitkilerin, haftalık gelişim düzeyleri, sağlık durumları (stres ölçümleri) ve yaprak üretim miktarları değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirmelere, bitkiler üzerindeki meyve oluşumu tespit edildikten sonra meyve ağırlığı ve meyve özellikleri de eklenmiştir. Tüm bu çalışmalara ek olarak, rastgele seçilen günlerde parsellerdeki yetiştirme ortamı nemi ve sıcaklığı kaydedilmiştir.



Şekil- 2 Platformlar ve üzerindeki bitkiler

Sahada bitki dikimi 22 Mayıs 2013 tarihinde gerçekleştirilmiş ve 30 Mayıs 2013 tarihinde gerçekleşen geç don olayı nedeniyle, bazı bitkiler yenileriyle değiştirilmiştir. Her iki platformdaki bitkiler, sahada yer alan otomatik sulama sistemi yardımıyla haftada üç gün 15 dakikalık sürelerle sulanmış ve parsellere çalışmanın başında yavaş eriyen gübre takviyesi yapılmıştır.

Bu çalışmada, bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin kentsel tarımda kullanım olanakları tartışılmıştır. Aynı zamanda çalışma sırasında bitkilendirilmiş çatı sistemleri üzerinde gerçekleştirilen kentsel tarım uygulamaları ile farklı yetiştirme ortamları, bitki gelişim düzeyleri ve elde edilen ürünler araştırma kapsamında incelenmiştir.

3. SONUÇ

Günümüzde tarımsal süreklilik ve doğaya uygunluk yaklaşımlarının temelini yerel üretim oluşturmaktadır. Konuyla ilgili dünyada birçok uygulama bulunmakla birlikte, günümüzde en bilinen olanları organik tarım¹ ve permakültür² olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitkilendirilmiş çatı sistemlerinin tarımsal amaçlı kullanımı, yerel üretimi teşvik etmekle birlikte, işlevsiz yapı yüzeylerinin gıda üretimi amaçlı kullanımına katkı sağlamaktadır. Bu sayede, statik açıdan bitkilendirilmiş çatı sistemi kurulumuna uygun olan her yapı yüzeyi birer tarımsal üretim alanına dönüşebilmektedir.

Kentsel tarım kavramının ekonomik ve sosyal yönleri, en az ekolojik boyutları kadar önem taşımakla birlikte, bu çalışmada bitki üretimi kısmı ağırlıklı olarak ele alınmıştır. Gün geçtikçe tarımsal ürünlerin üretim teknikleri daha verimli olmakta ancak bu yöntemlerle üretilen tarımsal ürünlerin insan sağlığına etkisiyle ilgili olarak bazı kaygılar da bulunmaktadır. Bunun yanı sıra artan nüfus, tarıma elverişli toprakların yanlış kullanımı, çevre kirliliği ve azalan doğal kaynaklar, gıda güvenliğini tehdit etmektedir.

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, bireysel tarım üretiminin yanı sıra doğal kaynakların daha verimli kullanımına katkıda bulunabilmektedir. Bu sistemler sayesinde su hasadı, kompost üretimi ve birçok geri dönüşüm faaliyeti gerçekleştirmek mümkündür. Dolayısıyla sürdürülebilirliğin üç temel ilkesi olan ekonomik refah, çevresel kalite ve sosyal adalet ilkesi burada birçok açıdan hayata geçirilmiş olmaktadır.

Bitkilendirilmiş çatı sistemlerinde yüksek miktardaki kompost kullanımı önerilmemektedir. Bunun en önemli nedeni, kompostun ayrışması sonucunda yetiştirme ortamında çökmeler meydana gelmesidir [17]. Rowe ve diğ. [18] yetiştirme ortamı olarak hacmen %80 oranında genleştirilmiş arduaz kullanımının bu sistemlerde uygun olduğunu bildirmektedir. Ancak bu durum, tarımsal faaliyetlerde bazı farklılıklar göstermektedir. Çalışma sonuçları, gıda üretimi amaçlı tesis edilen yeşil çatı sistemlerinde kompost oranının artması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kullanılacak yetiştirme ortamının bitkilendirilmiş çatı sistemlerinde arzu edilen tüm şartları (hafiflik, su tutma, sağlamlık, bitki beslenmesi gibi) karşılaması beklenmekle birlikte, tarımsal üretim esnasında yetiştirilen bitki türlerinin isteklerine bağlı olarak bazı ek koşulları yerine getirmesi gerekmektedir. Bunlara örnek olarak yetiştirme ortamının derinliği, organik madde oranı, gözeneklilik, partikül boyutu gibi değişkenler verilebilir. Tarımsal üretimde tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemine göre kısmen daha derin yetiştirme ortamlarının kullanılması, gerek bitkilerin desteklenmesi gerekse su kaybının engellenmesi amacıyla tercih edilebilir. Yetiştirme ortamı derinliğinin artması, sistemin su tutma kapasitesini de arttırmaktadır [19].

¹ Organik tarım, biyoçeşitliliği, biyolojik döngüyü ve toprağın biyolojik faaliyetlerini destekleyen ve geliştiren ekolojik üretim yönetimi sistemidir[20].

² Permakültür üzerinde yaşayan insanlar ile arazinin, gıda, enerji, barınak ve diğer maddi ve manevi ihtiyaçları sürdürülebilir bir şekilde karşılayan ahenkli bütünleşmeleridir[21].

Yağış sularının toprak tarafından tutulmadan yüzeysel akışa geçmesi, Aksu'ya [22] göre kentleşme baskısı altındaki alanların en önemli sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bitkilendirilmiş çatı sistemleri sayesinde, yapı yüzeylerine gelen yağışın yüzeysel akışa geçmesinin ertelenmesi, yağış sularının toplanması ve yüzeysel akışın önemli ölçüde azaltılması mümkündür. Bunun yanı sıra, bitki gelişimi sırasında yapılan sulama ile yetiştirme ortamından gerçekleşecek olan buharlaşma (evaporasyon), ısı enerjisinin yapı yüzeylerinden hızlı biçimde dışarı atılmasına ve özellikle yaz aylarında binaların soğutma giderlerinin düşürülmesine belirgin ölçüde yardımcı olmaktadır.

Ülkemizin tarımsal mirası ve kentlerde yaşayan kişilerin büyük çoğunluğunun tarıma olan ilgisi dikkate alındığında, bu yaklaşımın ülkemizde kolayca uygulanabilmesi olasıdır. Bu sayede kent sakinleri, kendi gıda ürünlerini yetiştirebilme imkanına kavuşmaktadırlar. Ortaya çıkan döngü “kendi kendine yetecek” şekilde gerçekleşmekte ve bu sayede yerel tohumların korunması ile yerel malzemelerin kullanımı mümkün olmaktadır. Gıda üretiminin yanı sıra, bitki örtüsü ile kaplanan yapı yüzeyleri, gerek bitkilerin gölgeleme etkisi gerekse transpirasyon faaliyetleri sonucunda belirgin ölçüde serinleyecek ve bu durum kentsel ölçekte önemli yararları beraberinde getirecektir. Ne var ki, konuyla ilgili olarak bilimsel birikimin oluşabilmesi için, gerek bitki türleri gerekse yetiştirme ortamları ile ilgili çeşitli araştırmaların yapılması faydalı olacaktır.

4. KAYNAKLAR

- [1] Despommier, D., 2013. *Farming up the city: the rise of urban vertical farms*, Trends in Biotechnology, Vol.31, No.7, DOI dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2013.03.008
- [2] Beatly T., 2000. *Green urbanism: learning from European cities*, Island Press. Washington, ISBN 1-55963-682-3.
- [3] Deelstra, T., Girardet, H., 2001. *Growing Cities Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda: A Reader on Urban Agriculture*, RUAF Foundation International Workshop of Urban Agriculture: Growing Cities, Growing Food, <http://www.ruaf.org/>.
- [4] Anonim, 2005. Birleşmiş Milletler Binyıllık Ekosistem Değerlendirme Kurulu Bildirisi, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.
- [5] Anonim, 2004. *The state of the world's cities: globalization and urban culture / UN-HABITAT, State of the World's Cities 2004/2005, Globalization and Urban Culture*, Earthscan, UK, ISBN: 92-1-131705-3.
- [6] Forman, R.T.T., 2008. *Urban regions: ecology and planning beyond the city*, Cambridge University Press, UK, ISBN-13: 978-0521670760
- [7] Lynch, K., Maconachie, R., Binns, T., Tengbe, P., Bangura, K., 2013. *Meeting the urban challenge? Urban agriculture and food security in post-conflict Freetown, Sierra Leone*, Applied Geography 36 (2013) 31-39.
- [8] Peters, C.J., Bills, N.L., Lembo, A.J., Wilkins, J.L., Fick, G.W., 2009. *Mapping potential foodsheds in New York State: A spatial model for evaluating the capacity to localize food production*, Renewable Agriculture and Food Systems 24(1):72-84.
- [9] Smit, J., Ratta, J., Nasr, A., 1996. *Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities*, UNDP, Habitat II Series.
- [10] Veenhuizen, R., 2007. *Profitability and sustainability of urban and peri-urban agriculture*, Agricultural Management, Marketing And Finance Occasional Paper No. 19, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Italy, ISBN 978-92-5-105881-7.
- [11] Köhler, M., 2005. *Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin*, Urban Habitats, 4,1, ISSN: 1541-7115.
- [12] Hui, S.C.M., 2011. *Green roof urban farming for buildings in high-density urban cities*, Hainan China World Green Roof Conference 18-21 March 2011, Hainan (Haikuo, Boao and Sanya), China.

- [13] Whittinghill, L.J., Rowe. D. B., 2012. *The role of green roof technology in urban Agriculture*, Renewable Agriculture and Food Systems 27: 314–322.
- [14] Enete, A.A., Achike, A.I., 2008. *Urban agriculture and urban food insecurity poverty in Nigeria: The case of Ohafia, south-east Nigeria*. Outlook on Agriculture 37(2):131–134.
- [15] Graefe, S., Schlecht, E., Buerkert, A., 2009. *Opportunities and challenges of urban and peri-urban agriculture in Niamey, Niger*. Outlook on Agriculture 37(1):47–56.
- [16] Vagneron, I., 2007. *Economic appraisal of profitability and sustainability of peri-urban agriculture in Bangkok*, Ecological Economics 61:516–529.
- [17] Beattie, D.J., Berghage, R., 2004. *Green roof media characteristics: The basics*, In Proc. 2nd North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Portland, OR. 2–4 June 2004. The Cardinal Group, Toronto, Canada.
- [18] Rowe, D.B., Monterusso, M.A., Rugh. C.L., 2006. *Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates*, Horttechnology, 16:471–477.
- [19] Ekşi, M., 2013. *A field study to evaluate the runoff quantity and stormwater retention of a typical extensive green roof in Bahçekoy-Istanbul*, Environment Protection Engineering, Vol. 39, No. 4.
- [20] USDA, 1995. *USDA National Organic Standards Board (NOSB) definition*, ABD, <http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/ofp/ofp.shtml> [Ziyaret tarihi 12 Aralık 2013].
- [21] Mollison, B., 1988, *Permaculture: A Designers' Manual*, Tagari Publications, Australia, ISBN-13: 978-0908228010.
- [22] Aksu, G.A., 2012, *Peyzaj Değişimlerinin Analizi: İstanbul, Sarıyer Örneği*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Teşekkür

Yazarlar çalışma sırasındaki değerli yardımları için Dr. Rafael Fernandez Canero'ya teşekkür eder.

Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Elif Erdoğan¹
İkbal Çetiner²

Konu Başlık No: 4. Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Günümüzde, kentleşme sonucu ortaya çıkan çevresel sorunların çözümüne yönelik çalışmalar tüm alanlarda olduğu gibi bina endüstrisi alanında da giderek artmaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin arttırılmasını hedefleyen bu çalışmalarda, binanın yaşam döngüsü içindeki enerji, su ve malzeme kullanımını azaltmak amacıyla, bina ve çevresinde alınan önlemlerin etkinlikleri araştırılmaktadır. Bu kapsamda, binayı oluşturan eleman sistemlerinden cepheler ve çatılar üzerinde en fazla çalışılan konu alanlarıdır.

Sözü edilen sistemlerin enerji tüketimini azaltmak amacıyla alınan önlemlerden birisi, cephe ya da çatının bitkilendirilmesidir. Cephelerin yapıdaki toplam enerji tüketimi içindeki payının, çatılara oranla daha fazla olduğu dikkate alındığında, cephenin bitkilendirilmesi yoluyla geliştirilmiş düşey yeşil sistemlere ilişkin araştırmaların çoğalması, binanın ısı performansının ve çevresel sürdürülebilirliğinin arttırılması açısından önem taşımaktadır.

Bildiride, son yıllarda giderek yaygınlaşan düşey yeşil sistemler tanıtılmakta, katmanlaşma modelleri ile malzeme özellikleri ortaya koyulmakta ve son olarak Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinden seçilen İstanbul, İzmir ve Ankara illerinde konumlandığı varsayılan bir ofis binasının cepheleri için geliştirilen tip seçeneklerin enerji etkinlikleri değerlendirilmektedir.

Yapılan benzetimler sonucunda, düşey yeşil sistem tipleri arasından uygulama için seçilen yaşayan duvar sistem tipinin kullanıldığı seçenekler için, modellenen binanın ısıtma ve toplam enerji tüketimi azalmakta, soğutma tüketimi ise artmaktadır. En fazla fayda sağlanan seçenek, Ankara ilinde yer alan ofis binasının tüm cephelerinin bitkilendirildiği durumdur.

ANAHTAR KELİMELELER

Düşey Yeşil Sistemler, Çevresel Sürdürülebilirlik, Enerji Etkinlik

¹. Elif Erdoğan, Mimar (İTÜ), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık A.B.D., Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Yüksek Lisans Programı, Taşkışla, 34437 Taksim/İstanbul, eliferdogdu@gmail.com

². İkbal Çetiner, Y. Doç. Dr. (İTÜ), İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık A.B.D., Taşkışla, 34437 Taksim/İstanbul, cetinerikb@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Bugün modern kentlerde yaşanan sorunların ana kaynaklarından birisi, çevre kirliliği ve kirlenmenin yaşama yaptığı olumsuz etkilerdir. Nitekim kentlere yakından bakıldığında, hava, su, toprak gibi yaşam için birinci derecede önemli olan kaynakların aşırı ve yaygın biçimde kirlendiği görülmektedir. Önemli ve güncel bir diğer konu ise, küresel ısınma ve onun kentlerdeki etkileridir. Son yıllarda fosil yakıtların kullanılması, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı ve toplumlardaki tüketim eğiliminin artması gibi nedenlerle sera gazlarının atmosferdeki yığılması artış göstermektedir. Sera gazı etkisinin bir sonucu olarak ortaya çıkan küresel ısınmanın giderek artışı ise küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır [1]. Küresel ısınma kaynaklı bir diğer problem, kent içindeki sıcaklığın eş zamanda çevresindeki kırsal alandan daha yüksek olması olarak tanımlanabilecek olan kentsel ısı adası etkisidir. Bu sıcaklık farkının nedeni, genelde kentsel alandaki arazi örtüsündeki değişikliklerdir [2].

Türkiye İklim Değişikliği I. Ulusal Raporu'nda, çevreye salınan toplam emisyonun ancak %25'inin yutak alanlarca emildiği ifade edilmektedir [3]. Bu oranı arttırabilmek için orman ve çayır alanlarının korunması ve kent içinde de yeşil alan büyüklüğünün arttırılması gereklidir [1]. Cepheler, bu anlamda kentsel alanlarda bitkilendirme için kullanılacak yüksek potansiyele sahip yapı elemanlarından birisidir. Mevcut cephe alanlarının bitkilendirilmesinin ve yeni yapılacak bina cephelerinde düşey yeşil sistem kullanımının, enerji tüketiminin ve böylelikle bahsedilen çevresel sorunların azaltılmasında etkili olabilecek uygulamalar olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, amaçlanan düşey yeşil sistemlerin enerji tüketimini azaltma konusunda sağladığı faydaları ortaya koymak, tasarımcı, yüklenici ve uygulayıcılara rehber olabilecek bir çalışma sunmaktır.

2. DÜŞEY YEŞİL SİSTEMLER

Düşey yeşil sistemler; cephelerin, yeryüzündeki toprakta, duvarın kendi bünyesinde veya bitki kutularında yetişen bitki materyalleri ile kaplanmasıdır. Bu sistemlerde, cephe temel olarak bitki, yetiştirme ortamı-taşıyıcı katman, filtre katmanı, kök tutucu katman, su yalıtım katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve duvar taşıyıcı sisteminden oluşur. Düşey yeşil sistemlerin faydalarına bakıldığında; faydalarının başında kentsel ısı adası etkisini azaltması, dış-iç mekan hava kalitesini, biyolojik çeşitliliği ve enerji etkinliği artırması, ses-ısı yalıtımı özelliği göstermesi ile estetiği düzenlemesi gelmektedir. Özellikle, Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da örneklerin hızla arttığı, ancak Türkiye'de çevresel sorunlara olan duyarlılığın ve ayrılan bütçenin azlığı sebebiyle konu ile ilgili olarak yeterli miktarda çalışma yapılmadığı, görülmektedir. Bu açıdan, iklim değişikliklerine karşı alınabilecek yapısal önlemlerden biri olarak, düşey yeşil sistem kullanımının yaygınlaştırılması önemli görülmektedir [4]. Düşey yeşil sistemleri; taşıyıcı bileşenlerine, yapım tekniğine, büyüme ortamlarına, bitki türlerine ve sulama sistemlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Ancak literatürde en sık rastlanan, yapım tekniğine göre yapılan sınıflandırma tipidir. Buna göre düşey yeşil sistemler; yeşil cepheler, bitkilenmiş duvarlar, yaşayan duvar sistemleri olmak üzere üç grupta toplanabilir.

Yeşil cepheler, sarılıcı-tırmanıcı bitkiler ile kaplanmış duvarlardır. Düşey yeşil sistemler arasında en kolay uygulanan gruptur. Kendi içlerinde, toprakta yetişen ve saksıda yetişen olmak üzere iki grupta toplanabilir. *Bitkilenmiş duvarlar* iki grupta incelenebilir. Birinci grup doğal olarak bitkilenen ve bitkinin duvar yüzeylerinin özellikle birleşim yerlerinde veya çatlaklarında yetiştiği düşey yeşil sistem türüdür. Duvar yüzeyinde düzensiz gelişen bir yapıya sahiptir ve duvar yapısına zarar verir. İkinci grup ise bilinçli bir şekilde, bitkilenmenin duvarı oluşturan ön üretimli panellerin kendi bünyesinde gerçekleştiği tiptir. *Yaşayan duvar sistemleri*, duvarın altında köklenmek yerine, duvara takılmış bir yetiştirme ortamı içinde büyüyen bitkilerle oluşturulmuş sistemlerdir [5]. Bu sistemler; güneşli, gölgeli ortamlarda; tropikal ve ılımlı iklim gibi farklı iklimlerde tasarlanabilir [6]. Bitki katmanının duvardan ayrı tutulması ve "hidrofonik sistem" kullanılması nedeniyle bina duvarları için daha uygundur. Hidrofonik sistemde bitki ihtiyacı olan mineralleri içeren bir besin solüsyonundan faydalanır. Bitkileri ve bitkilerin kök sistemlerini desteklemek için genellikle kum, turba, vermikülit, perlit, hindistan

cevizi veya taşıyünü gibi yetiştirme ortamları kullanılır [7]. Sistemde kullanılan ‘damla sulama sistemi’ büyüme ortamını nemli tutar [5]. Bitkilerin çeşitliliği ve yoğunluğu sebebiyle, yaşayan duvar sistemleri, yeşil cephelere göre daha fazla bakım gerektirir. Ön üretimli ve yerinde yapım sistemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kullanılan malzeme tipine bağlı olarak ön üretimli yaşayan duvarlar, saksıda bitkilendirilmiş, köpük katmanlı ve mineral yünü katmanlı; yerinde yapım yaşayan duvarlar ise keçe katmanlı olarak isimlendirilirler.

Yeşil cephe tipinde İsviçre’de tasarlanmış MFO Park, 24 saat halkın kullanımına açık kamusal bir kent parkıdır (Şekil 1). Kablo ve tel örgü ağ sistemi kullanılarak üretilen yeşil cephe örneğinde, değişik boylarda ve farklı renklerde sarılıcı-türmanıcı bitkiler kullanılmıştır. Bitkiler, tüm cephelerde, iç mekanda ve ara katlarda zemin veya saksı toprağına dikilmiştir [8].



Şekil 1: MFO Park-yeşil cephe örneği [8].

Barcelona’da Kültür Merkezi olarak inşa edilen yapıda; bitkilenmiş duvar tipinde kullanılan bitkilenmeye uygun ön üretimli beton paneller tercih edilmiştir. Yapının tüm cepheleri aynı sistemle üretilmiştir. Bitki olarak liken ve karayosunları kullanılmıştır (Şekil 2). Beton bloklar çelik profillere monte edilmiştir. Bitkilerin yetişebilmesi için gerekli olan su cepheden emilen yağmur suyu ile sağlanmaktadır [9].



Şekil 2: Barcelona Kültür Merkezi-bitkilenmiş duvar örneği [9].

İspanya’da tasarlanmış Ushüaia Otel’de avlunun merkezindeki bar ile konaklama alanları arasında ses bariyeri sağlamak amacıyla, saksıda bitkilendirilmiş yaşayan duvar tipi tercih edilmiştir. Yüksek nem ve sıcaklık değerlerinin ölçüldüğü ve rüzgar hızının düşük olduğu bir bölgede konumlandırılmış sistemin üretimi ve kullanım süreci düşük teknolojiler ile yapılmaktadır. Pişmiş topraktan üretilmiş saksılara dikilen bitkiler, cephenin amorf formuna ve yönleneşine bağlı olarak oluşan gölge ve güneş ışınımı miktarı dikkate alınarak yedi farklı türden seçilmiştir (Şekil 3). Ayrıca saksılara duvar gövdesi yönüne doğru eğim verilerek sulama ve yağmur suyundan en üst düzeyde fayda sağlanması amaçlanmıştır [10].



Şekil 3: Ushüaia Otel-yaşayan duvar örneği [10]

Çalışmada; enerji etkinlik değerlendirmesi yapılan düşey yeşil sistemlerin enerji etkin tasarımında etkili parametreler iklime ve cepheye ilişkin olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. İklima ilişkin parametreler; güneş ışınımı, hava sıcaklığı, yağış miktarı ve nem, rüzgar; cepheye ilişkin parametreler ise; cephenin bulunduğu yer, bina aralıkları, cephenin yönlendiriliş durumu, cephe formu ve kabuk özellikleri olarak belirlenmektedir. Çizelge 1’de, düşey yeşil sistemler için bu parametrelere ilişkin uygulama ilkeleri açıklanmaktadır.

Çizelge 1: Düşey yeşil sistemlerin enerji etkin tasarımında etkili olan parametrelere ilişkin uygulama ilkeleri.

	Parametreler	Uygulama İlkeleri
İklime İlişkin Parametreler	Güneş Işınımı	Pasif güneş ısıtması sağlamak için özellikle güney cephesinde güneş ışınımından faydalanmak
	Hava Sıcaklığı	Toprak tabakasında ve özellikle koyu renk bitki tercih etme yoluyla yaprak yüzeyinde ısı depolama özelliğinden faydalanmak
	Yağış Miktarı ve Nem	Yağmur suyunu, duvar yüzeyinden doğrudan akışına engel olacak biçimde bünyede toplamak veya sistemde biriktirerek yeniden kullanmak
	Rüzgar	Hakim rüzgar yönü dikkate alınarak bitki seçimi yapmak ve yoğun yapraklanma gösteren bitki tercihi ile rüzgar kontrolü sağlamak
Cepheye İlişkin Parametreler	Cephenin Bulunduğu Yer	Bitki tercihinde endemik türleri kullanmak, bitkinin büyüebilmesi için uygun ortamı sağlamak
	Bina Aralıkları	Çevredeki binaların gölgeleme alanlarını hesaba katarak gölgeye veya güneşe dayanıklı bitki tercih etmek
	Cephenin Yönlendiriliş Durumu	Yönlere bağlı iklimsel özelliklere uygun bitkilendirme sağlayarak, enerji korunumu açısından en etkili cephelerde uygulamalar yapmak
	Cephe Formu	Bitkilendirilmiş cephelerde yüzey açılarına bağlı olarak cephe formunun güneş ışınımından faydalanmadaki etkisini arttırmak
	Kabuk Özellikleri	Seçilen bitki bileşeninin yaprak yoğunluğu ile dokusu, yaprak döken ya da dökmeyen türlerden olması ve yaprak rengi konusunda dikkatli davranmak

3. YÖNTEM

Düşey yeşil sistemlerin enerji etkinliklerinin değerlendirildiği bu çalışmada izlenen yöntem; literatür araştırması ve benzetim çalışması yapmaktır. Literatür araştırması kapsamında; düşey yeşil sistemler tanıtılmakta, sağladığı yararlar, sınıflandırmaları, katmanlaşma modelleri, kullanılan malzemeler ile bileşenler anlatılmakta, yurtdışından uygulama örnekleri verilmekte, sistemlerin enerji etkin tasarımında etkili parametrelere değinilmektedir. Benzetim çalışması kapsamında ise; düşey yeşil sistemlerin farklı iklim bölgelerinde ve farklı cephelere uygulanması ile geliştirilen seçeneklerin enerji tüketimleri enerji analizi yapabilen bir bilgisayar programı ile belirlenerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Detaylı modelleme yapabilmesi ve günümüzde pek çok araştırmacı tarafından kullanılıyor olması nedeniyle, enerji yükü analizleri EnergyPlus programı ile yapılmıştır. EnergyPlus, binalardaki ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını modellemek üzere geliştirilmiş bir programdır. Program yardımı ile binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimleri; saatlik, aylık veya yıllık detaylı bir veri girişi ile (bina ve çevresine ilişkin veriler, iklim verileri, malzeme/bileşen ve katmanlaşma özellikleri, kullanıcı profili, aydınlatma, elektrik ve mekanik gibi servis sistemi verileri, vb.) hesaplanmaktadır [11]. Programın seçilmesinde, yukarıda sayılan niteliklerinin yanısıra, benzetimde kullanılacak bitki ve toprak gibi katmanların özelliklerinin de programa tanıtılmasının mümkün olması etkili olmuştur.

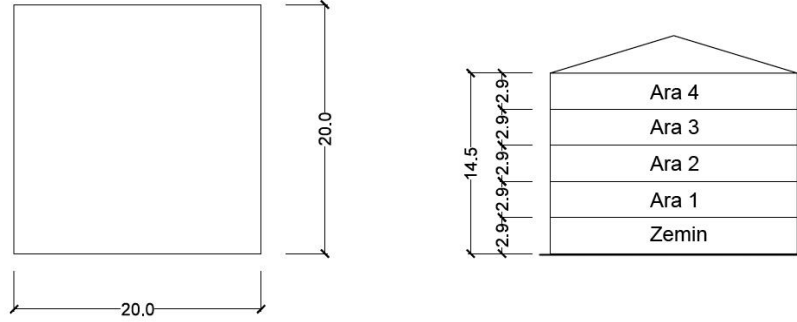
4. UYGULAMA

Uygulama çalışması dört adımdan oluşmaktadır:

- Benzetim yapılacak bina modelinin belirlenmesi
- Seçeneklerin oluşturulması ve programa tanıtılması
- Seçenekler için toplam enerji yüklerinin hesaplanması
- Sonuçların enerji etkinlik açısından değerlendirilmesi

4.1. Benzetim yapılacak bina modelinin belirlenmesi

Uygulama çalışmasının ilk aşaması, benzetim yapılan binaya ilişkin genel kararların alınmasıdır. Referans binanın çevre binalara olan mesafesinin, şehir içindeki genel yapılaşma durumu dikkate alınarak, kuzey, doğu ve güney yönlerinde 4m; batı yönünde 20m olduğu varsayılmıştır. İşlevi ofis olarak belirlenmiştir, 20x20m boyutlarında 5 katlı ve kat yüksekliği 2,9m'dir. Her kat bir zon olarak düşünülmüştür (Şekil 4). Açık ofis düzeninde tasarlanmış olup iç mekanda bölücü duvarlar mevcut değildir. Binanın çatısı kırma çatıdır ve eğiminin %30 olduğu varsayılmıştır.



Şekil 4: Bina modeline ait şematik plan ve kesit.

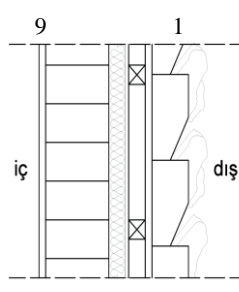
Bina saydamlık oranı %10 olarak seçilmiştir. Her katta birer adet, her cephede 5 adet olmak üzere, toplamda 20 adet pencere boşluğu oluşturulmuştur. Kullanıcı sayısı, her kullanıcıya brüt 20 m² alan düşecek şekilde, kat başına 20 kişi olarak belirlenmiştir. Binanın bulunduğu yerin, TS 825'deki derece gün bölgeleri tablosu dikkate alınarak 3 farklı bölgede olduğu varsayılmıştır. Bunlar; 1. bölgede olan İzmir ili, 2. bölgede olan İstanbul ili ve 3. bölgede olan Ankara ilidir. Sözü edilen illere ilişkin iklimsel veriler, Uluslararası Hava Verileri Dosyası'ndan alınarak EnergyPlus programına tanıtılmıştır. Düşey yeşil sistemlerden, modellenecek bina cephesinde kullanılmak üzere Çizelge 2'de katmanlaşma modeli ve malzeme özellikleri verilen 'Yaşayan duvar-Yerinde yapım-Keçe katmanlı' tipi seçilmiştir. Isıtma, soğutma ve aydınlatma ile ekipmanlara ilişkin sayısal değerler, ofis binası için gerekli optimum düzeyler dikkate alınarak ve TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları incelenerek belirlenmiş ve tüm seçeneklerde sabit tutulmuştur. Binanın doğal olarak havalandırıldığı ve klima sistemi ile ısıtılıp, soğutulduğu kabul edilmiştir. Termostat ile zonların sıcaklık seviyeleri sabah saat 06:00 ile akşam saat 22:00 arasında 23°C'ye, diğer saatlerde 13°C'ye ayarlanmıştır.

4.2 Seçeneklerin oluşturulması ve programa tanıtılması

Binaya ilişkin kararların alınmasından sonra, karşılaştırma yoluyla bir değerlendirme yapmak üzere seçeneklerin oluşturulması gerekmektedir. Doğru sonuçlar alabilmek için, değişkenlerin ve sabit verilere karar verilmiştir. Bitkilendirilen cephenin yönü ve adedi ile binanın bulunduğu iklim bölgesi, seçenek oluşturmada etkili olan değişkenlerdir. Bu doğrultuda, üç farklı il için, kuzey, doğu, güney ve batı cephelerinin tek tek ve hepsinin birden bitkilendirildiği durumlar ile hiçbir cephenin bitkilendirilmediği durum seçenekleri oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sırasında seçenekler arasında meydana gelebilecek karışıklıkları önlemek ve seçeneklerin daha rahat

ifade edilmelerini sağlamak için kodlama sistemi geliştirilmiştir. Buna göre; İstanbul ili 1, İzmir ili 2, Ankara ili 3 numaralarını almıştır. Kuzey, güney, doğu ve batı yönleri ilk harfleri ile, tüm cepheler T harfi ile kısaltılmış; bitkilendirilmiş durum *, bitkisiz durum o ile anlatılmıştır.

Çizelge 2: Seçilen yaşayan duvar katmanlaşma modeli ve malzeme özellikleri.

	Katmanlaşma	Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri (W/m K)	Yoğunluk (kg/m ³)	Özgül ısı (J/kg-K)
Yaşayan duvar-Yerinde yapım-Keçe katmanlı sistem tipi		1. Bitki	0.10	0.14	110	1880
		2. Islak toprak	0.10	1.50	900	2400
		3. Yün keçe	0.005	0.035	48	710
		4. PVC levha	0.01	0.19	1200	1470
		5. Hava boşluğu	0,05	0,02	-	1006,10
		6. Su yalıtımı	0.004	0.19	1121	1673
		7. XPS	0.03 0.04 0.05	0.035	25	1500
		8. Tuğla duvar	0.19	0.45	1000	880
		9. İç sıva	0.02	0.87	1800	840

4.3 Seçenekler için toplam enerji tüketiminin hesaplanması

Bitkilendirilmiş cephe yönü ve sistemin uygulandığı şehre göre oluşturulan seçeneklerin yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi miktarları Çizelge 3'te görüldüğü gibidir.

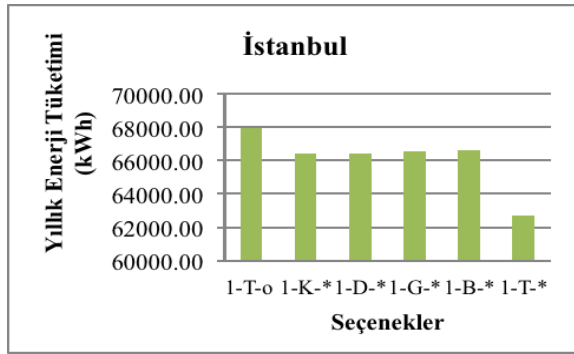
Çizelge 3:Yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimleri.

Şehir	Seçenekler	Yıllık Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Yıllık Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Yıllık Toplam Enerji Tüketimi (kWh)
İstanbul	1-T-o	34125.95	33787.75	67913.70
	1-K-*	31892.54	34507.84	66400.38
	1-D-*	31878.69	34568.83	66447.52
	1-G-*	31824.01	34698.45	66522.46
	1-B-*	31614.16	35009.69	66623.85
	1-T-*	24855.57	37818.24	62673.81
İzmir	2-T-o	26669.15	42928.75	69597.90
	2-K-*	24291.72	43621.86	67913.58
	2-D-*	24269.45	43714.38	67983.83
	2-G-*	24190.60	43872.88	68063.48
	2-B-*	23950.02	44221.68	68171.70
	2-T-*	16960.34	47228.93	64189.27
Ankara	3-T-o	49383.88	23744.50	73128.38
	3-K-*	46566.16	24565	71131.16
	3-D-*	46531.22	24649.43	71180.65
	3-G-*	46436.64	24764.32	71200.96
	3-B-*	46143.91	25033.31	71177.22
	3-T-*	37598.94	28136.78	65735.72

4.4 Sonuçların enerji etkinlik açısından değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinde, üç farklı şehirde de, iç ortam sıcaklığı tüm aylarda yükselmiş, elde edilen ısı kazancına bağlı olarak ısıtma enerjisi yükü azalmıştır. Böylece, bitkilendirilmiş cephe uygulamasıyla binanın ısıtma enerjisi ve toplam enerji tüketiminde azalma olduğu saptanmıştır.

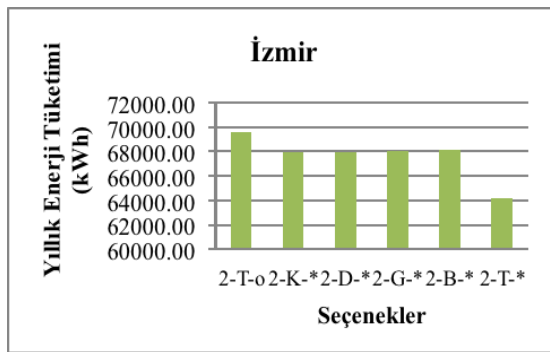
İstanbul ili için seçeneklerin karşılaştırıldığı, bitkilendirilmiş yönlerin değişimine bağlı olarak toplam enerji tüketimi ve fayda oranını gösteren sonuçlar Şekil 5'te görülmektedir.



Seçenekler	Toplam Fayda Oranı (%)	Isıtma Yüğü Fayda Oranı (%)	Soğutma Yüğü Fayda Oranı (%)
1-K-*	2.23	6.54	-2.13
1-D-*	2.16	6.59	-2.31
1-G-*	2.05	6.75	-2.70
1-B-*	1.90	7.36	-3.62
1-T-*	7.72	27.17	-11.93

Şekil 5: İstanbul ili seçeneklerinin toplam enerji tüketimleri ve fayda oranları.

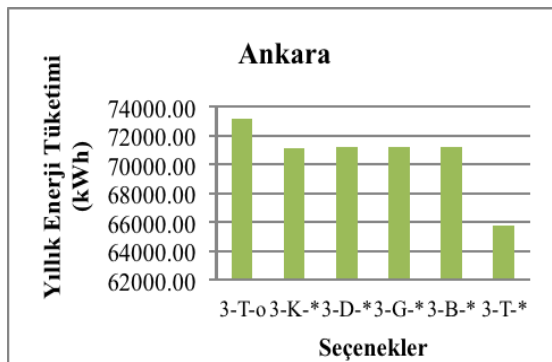
İzmir ili için seçeneklerin karşılaştırıldığı, bitkilendirilmiş yönlerin değişimine bağlı toplam enerji tüketimi ve fayda oranını gösteren sonuçlar Şekil 6'da görülmektedir.



Seçenekler	Toplam Fayda Oranı (%)	Isıtma Yüğü Fayda Oranı (%)	Soğutma Yüğü Fayda Oranı (%)
2-K-*	2.42	8.91	-1.61
2-D-*	2.32	9.00	-1.83
2-G-*	2.20	9.29	-2.20
2-B-*	2.05	10.20	-3.01
2-T-*	7.77	36.40	-10.02

Şekil 6: İzmir ili seçeneklerinin toplam enerji tüketimleri ve fayda oranları.

Ankara ili için seçeneklerin karşılaştırıldığı, bitkilendirilmiş yönlerin değişimine bağlı olarak toplam enerji tüketimi ve fayda oranını gösteren sonuçlar Şekil 7'de görülmektedir.



Seçenekler	Toplam Fayda Oranı (%)	Isıtma Yüğü Fayda Oranı (%)	Soğutma Yüğü Fayda Oranı (%)
3-K-*	2.73	5.71	-3.46
3-D-*	2.66	5.78	-3.81
3-G-*	2.64	5.97	-4.29
3-B-*	2.67	6.56	-5.43
3-T-*	10.11	23.86	-18.50

Şekil 7: Ankara ili seçeneklerinin toplam enerji tüketimleri ve fayda oranları.

Üç farklı derece gün bölgesinden seçilen İstanbul, İzmir ve Ankara illerinin kendi aralarındaki fayda oranları grafiği Çizelge 4'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4: İllerin toplam enerji tüketimleri açısından fayda oranları (%).

	İstanbul	İzmir	Ankara
Kuzey cephesi	2.23	2.42	2.73
Doğu cephesi	2.16	2.32	2.66
Güney cephesi	2.05	2.20	2.64
Batı cephesi	1.90	2.05	2.67
Tüm cepheler	7.72	7.77	10.11

5. Sonuçlar

Yapılan benzetimlere göre düşey yeşil sistemler, 3 farklı ilde ve farklı yönlerde kullanıma bağlı olarak oluşturulan tüm seçeneklerde, uygulandığı binanın ısıtma ve toplam enerji tüketimini azaltmakta, soğutma tüketimini ise arttırmaktadır.

Uygulama çalışmasında bina modeli oluşturulurken belirlenen sabit verilerin değiştirilmesi ile farklı sonuçlar almak mümkündür. Şehir içindeki bina yerleşimlerinin farklı şekillerde oluşturulması ile, gölgelenme durumuna bağlı olarak ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri için farklı sonuçlar elde edilecektir. Bu konu ile ilgili olarak yapılan duyarlılık analizleri göstermiştir ki; tüm cephelerin bitkilendirildiği seçenekte, modellenen binanın kırsalda olduğu varsayılp çevre binalar kaldırıldığında; sonuçlarda soğutma yükü açısından %31 kayıp, ısıtma yükü açısından %28 kazanç oluşmaktadır. Dolayısıyla, düşey yeşil sistemin şehir içinde konumlanmış bir binada kullanılması halinde, gölgelenme durumuna bağlı olarak toplam enerji tüketimi açısından daha faydalı sonuçlar elde edilecektir. Ayrıca, benzetim yapılacak bina modeli için seçilen düşey yeşil sistem tipinin değiştirilmesi de, katmanlaşmada kullanılan bileşenlerin özelliklerine bağlı olarak sonuçların değişmesine neden olacaktır. Yaşayan duvar-Yerinde yapım-Keçe katmanlı olarak seçilen tipe; mevcut duvar katmanlaşmasına 10cm bitki ve 10cm toprak katmanları eklenmiştir. Bu durum, duvarın yalıtım ve sızdırmazlık özelliğini arttırmış, soğutma yüklerinin ise artmasına neden olmuştur. Düşey yeşil sistem tipinde yeşil cephe seçilmesi halinde, katmanlaşmada toprağın olmayışı ve bu tipe en uygun bitkilerde yaprak dokusunun daha seyrek oluşu nedeniyle, sonuçların soğutma yükü açısından daha faydalı çıkabileceği düşünülmektedir.

Benzetim sonuçları doğrultusunda, en faydalı durumun soğuk iklim bölgesinde yer alan Ankara ilindeki tüm cephelerin bitkilendirildiği seçenekler için gerçekleştiği görülmektedir. Diğer taraftan, sıcak iklim bölgeleri için seçilecek düşey yeşil sistem tipinin, toprak katmanı içermemesi nedeniyle yeşil cephe tipinde olması daha uygun olacaktır.

Düşey yeşil sistemler, mimaride yeni ve çevreye duyarlı anlayışlar geliştirmek ve daha yaşanabilir kentler meydana getirmek için önemi göz ardı edilemeyecek çözümlerdir. Çalışma kapsamında enerji ile ilgili sağladığı yararların kanıtlandığı bu sistemlerin ülkemizde daha çok tanıtımı yapılmalı ve kullanımı teşvik edilmelidir.

6. Kaynaklar

- [1] **Kentleşme Şurası** (2009). İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme Komisyonu Raporu, No:6, Ankara.
- [2] **Yüksel, D. Ü.** (2005). Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 2005, Ankara.
- [3] **ÇOB** (2007). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi, Ankara.
- [4] **Köhler, M.** (2008). Urban Ecosystems, Green Facades-a view back and somevisions, Vol.11, pp.423-436.
- [5] **Dunnet, N. ve Kingsbury, N.** (2008). Planting Green Roofs and Living Walls, Timber Press, Londra.
- [6] **Yu-Peng Yeh** (2010). Green Wall; The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect, National Chung-Hsing University.
- [7] <<http://toprakvesu.com/pages/Hidroponik-Nedir%3F.html>>, alındığı tarih 09.12.2013.
- [8] <<https://courses.washington.edu/gehlstud/gehl-studio/wp-content/themes/gehl-studio/downloads/Winter2010/MFOpark.pdf>>, alındığı tarih 18.11.2013.
- [9] <<http://architizer.com/projects/aeronautical-cultural-center/>>, alındığı tarih 18.11.2013.
- [10] <<http://inhabitat.com/urbanarbolismo-unveils-gorgeous-vertical-garden-set-within-a-sweeping-ceramic-facade/>>, alındığı tarih 18.11.2013.
- [11] **Getting Started with EnergyPlus** (2013). Basic Concepts Manual-Essential Information You Need about Running EnergyPlus, US Department of Energy, ABD.

*7. Ulusal atı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul*

Beton Esaslı Prefabrike Dış Duvarlarda Seçenek Özelliklerinin Tanımlanması

Caner GÖÇER¹

Konu Başlık No: 1. Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri

ÖZET

Beton esaslı prefabrike dış duvarlar sahip olduğu hızlı üretim, iklim şartlarından etkilenmeyen uygulama biçimi ve standartlaşmış kalite nedeniyle bina üretiminde rasyonel bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Beton esaslı prefabrike dış duvarlar kesit düzenindeki katmanlaşma düzenine, genişliklerine, kat yüksekliklerine, bina taşıyıcı sistemi türüne, taşıyıcılığın ve birbiriyle olan konumsal ilişkiye ve diğer birçok kritere göre biçimsel çeşitliliğe sahiptir. Bu tür dış duvarın tasarımında veya seçiminde bina fonksiyonu, taşıyıcı sistem türü, dış duvarın maruz kaldığı fiziksel etmenler ve diğer birçok ölçüt etkili olmaktadır. Bunlara ek olarak prefabrike yapım sisteminin getirdiği zorunlu ölçütler de düşünülürse ortaya birçok seçenek ve karar kriteri çıkmaktadır. Bu durumda beton esaslı prefabrike dış duvarın sağladığı tüm seçeneklerin ortaya koyulması, zorunlu ve öncelikli performans kriterlerine göre seçeneklerin değerlendirilmesi ve en uygun seçeneğin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada performans kriterleri ve sistemin sağladığı çeşitliliğe bağlı olarak olası tüm dış duvar seçeneklerinin ortaya koyulması ve seçenek özelliklerinin tanımlanması hedeflenmektedir. Ortaya çıkan seçenek tablosu beton esaslı prefabrike bir dış duvarın tasarımında tasarımcıya detaylı bir değerlendirme yapma ve en uygun seçeneği belirleme olanağı sunacaktır.

ANAHTAR KELİMELER

Beton Esaslı Prefabrike Dış Duvarlar, Dış Duvar Seçenekleri, Standartlaşmış Üretim.

¹ Caner Göçer, Araş. Gör. Dr. (İTÜ), İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Taşkışla, 34437, Taksim/İstanbul, Tel: 0212 2931300-2246, Faks: 0212 2514895, gocercaner@gmail.com

1. GİRİŞ

Beton esaslı dış duvar sistemleri yapı taşıyıcı sistemi ve dış duvarın fonksiyonuna bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Yapıdaki taşıyıcı sistem ile dış duvar elemanlarının bir araya getirişinde ve elemanların üretim teknolojisindeki farklılıklar, birçok seçenek sunmaktadır. Beton esaslı prefabrike dış duvar elemanları, biçimleri, boyutları, kesit kuruluşlarındaki katmanlaşma düzeni ve bina taşıyıcı sistemleri ile ilişkileri bakımından çeşitli açılardan büyük bir çeşitliliğe sahiptir. Dış duvarda sağlanan bu çeşitlilik cephe çözümlerinde birçok seçenek sunmaktadır. Beton esaslı prefabrike bir dış duvarın tasarımında birçok kriter söz konusu olmaktadır. Bu kriterler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bina fonksiyonuna ve binada yer alan eylemlere bağlı kriterler,
- Tasarım ve yapım sistemine bağlı kriterler,
- Yasalara bağlı kriterler,
- Doğal ve yapay çevreye bağlı kriterler,
- Zemin koşulları ve deprem yüklerine bağlı kriterler,
- Yapı fiziği sorunlarına bağlı kriterler,
- Statik yüklere bağlı kriterler,
- Maliyet ile ilgili kriterler [1,2,3].

Yukarıda sıralanan tasarım kriterleri her uygulamada farklı önem derecelerine sahiptir. Bu durumda beton esaslı prefabrike dış duvarın sağladığı tüm seçeneklerin ortaya koyulması, zorunlu ve öncelikli performans kriterlerine göre seçeneklerin değerlendirilmesi ve en uygun seçeneğin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada performans kriterleri ve sistemin sağladığı çeşitliliğe bağlı olarak olası tüm dış duvar seçeneklerinin ortaya koyulması ve seçenek özelliklerinin tanımlanmaktadır. Performans özelliklerine tanımlanmış seçenek tablosu beton esaslı prefabrike bir dış duvarın tasarımında tasarımcıya detaylı bir değerlendirme yapma ve en uygun seçeneği belirleme olanağı sunmaktadır [4,5].

2. BETON ESASLI PREFABRİKE DIŞ DUVAR TÜRLERİ

Beton esaslı prefabrike dış duvarlar birçok farklı kritere göre sınıflandırılır. Dış duvar panelleri Üretim biçimi, fiziki özellikler, diğer yapı elemanları ile olan konumsal ve konstrüktif entegrasyon çeşitliliğine bağlı olarak oldukça geniş bir seçenek yelpazesine sahiptir. Söz konusu dış duvar panelleri ;

- Genişliklerine,
- Kesit kuruluşundaki katmanlaşma düzenine,
- Biçimsel çeşitliliğe,
- Boyutsal çeşitliliğe,
- Bina taşıyıcı sistemi ile konumuna,
- Taşıyıcılığa bağlı olarak sınıflandırılabilir [6].

Bu çalışma kapsamında beton esaslı prefabrike duvar sistemlerinin uygulandığı binaların yapısal özellikleri ve dış duvardan beklenen performans kriterleri çerçevesinde sınırlandırılmış bir sınıflandırma sistemine bağlı seçenekler ortaya koyulmuştur. Buna göre öncelikli performans kriterlerine bağlı olarak beton esaslı dış duvar panellerine ait sınıflandırma aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Genişliklerine bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması:

- Dar paneller (30-100 cm)
- Orta boy paneller (100-200 cm)
- Büyük boy paneller (200 cm den büyük) [7]
- Kesit kuruluşundaki katmanlaşma düzenine bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması:
 - Tek katmanlı paneller
 - Çift katmanlı paneller
 - Üç katmanlı paneller
 - Dört katmanlı paneller [8]
- Boyutsal çeşitliliğe bağlı olarak dış duvar panellerinin sınıflandırılması.
 - Kat yüksekliğinde dar veya geniş paneller
 - Birkaç kat yüksekliğinde paneller
 - Parapet elemanları
 - Küçük parçalı elemanlar [9]
- Bina taşıyıcı sistemi ile konumsal çeşitliliğe göre dış duvar panellerinin sınıflandırılması:
 - Ön konumlu
 - Yarı ön konumlu
 - Ara konumlu [10]
- Taşıyıcılık bakımından dış duvarların sınıflandırılması:
 - Kendini taşıyan
 - Taşınan
 - Taşıyıcı [10,11]

3. PERFORMANS KRİTERLERİ

Beton esaslı prefabrike dış duvarın performansına ilişkin kriterler belirlenirken öncelikle bir dış duvardan beklenen genel performans kriterlerinin bu sistemlerde de doğrudan etkili olduğu söyleyebilir. Bunlara ek olarak prefabrike sistemlerin avantaj ile dezavantajlarına ve endüstrileşmiş yapım sistemi özelliklerine bağlı olarak performans kriterleri genişletilebilir. Bu çalışma kapsamında yapı üretim ve kullanım süreçlerine bağlı gerekli performans kriterlerine bağlı olarak dış duvar sistemleri incelenmiştir. Bu süreç aşağıdaki üç başlık altında toplanabilir:

- Tasarım süreci,
- Yapım süreci,
- Kullanım süreci.

Tasarım ile ilgili performans kriterleri dış duvar sistemi özelliklerinin bina fonksiyonuna uygunluğu ve tasarım esnekliği sağlayabilme konularını içeren iki ana başlıktan oluşmaktadır. Bina fonksiyonuna uygunluk binanın ilk tasarım durumunu, tasarım esnekliği sonraki süreçte değişen fonksiyonlara göre dış duvar sisteminin yeni düzenlemelere karşı uyumluluğunu tarif etmektedir. Özellikle dış duvar panellerinin yataydaki boyutsal çeşitliliği bir taraftan cephe düzenleme olanaklarını artırırken, aynı zamanda da modüler tasarım esasları çerçevesinde boyutsal açıdan mekansal gereklilikleri karşılayabilme, farklı boyutlara sahip mekan gruplarının aynı boyutta tekrar eden cephe modülüne uyumlu olması gerekmektedir. Taşıyıcı duvar perdeli betonarme prefabrike yapılarda iç mekan organizasyonunun

sağlanması tasarıma gelen kısıtlamalar da bina taşıyıcı sistemi ile bina fonksiyonu arasındaki uyumun önemli bir performans ölçütü olduğunu göstermektedir.

Yapım ile ilgili olarak performans kriterleri prefabrikasyonun ana hedeflerinden biri olan montaj süresi, uygulama kolaylığı ve yapım maliyeti ölçütleridir. Büyük boyutlu duvar panelleri ağır ve geniş bir montaj organizasyonu gerektirirken, aynı zamanda bağlantı noktalarının az olması nedeniyle avantajlı bir durumdadır. Prefabrike eleman boyutları belirli bir boyutun altına indiğinde çok sayıda bağlantı noktası montaj ve ayar süresini uzatmaktadır. Yapım maliyeti kriteri bu çalışmada sadece panellerin metrajına bağlı bir maliyet olarak ele alınmıştır.

Kullanım ile ilgili performans kriterleri iç mekan konfor koşullarını sağlayan fiziksel performans kriterleri ve diğer kriterlerden oluşmaktadır. Öncelikli fiziksel performans kriterleri ısı, su, nem, ses, yangın, güneş olarak sıralanabilir. Çalışma kapsamında sadece betonarme prefabrike dış duvar panelleri ele alınacağı için seçenekler arası değişkenlik göstermeyen kriterler bu çalışmada kapsam dışında tutulmuştur. Su ile ilgili olarak betonarme panellerin geçirimsizliği bünyesindeki katkı maddeleri ile sağlanacağı için tüm seçenekler geçirimsiz olarak kabul edilmiş ve bu kriterlere göre değerlendirme yapılmamıştır. Nem ile ilgili olarak duvar panellerinin kesit kuruluşundaki katmanlaşma düzeni etkili bir ölçüt olmakla birlikte, ısı yalıtım malzemesinin türü ve betonarme katmanların bünyesine bağlı olarak difüzyon direnci kontrol edilebilmektedir. Hava tabakalı duvar panellerinin bünyesindeki nemi doğrudan dışarı aktarması nedeniyle yoğuşma riski bakımından en iyi performansı verdiği söylenebilir. Ancak diğer duvar seçenekleri için sabit bir değerlendirme yapmak mümkün olmayacağı için nem kriteri de kapsam dışında tutulmuştur. Betonarme malzeme ağır dış duvar sınıfına girdiği için ilave ses yalıtımına ihtiyaç duymamaktadır. Bu nedenle ses ile ilgili olarak da karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmamıştır. Yangın kriteri ile ilgili olarak betonarme paneller için birçok kritik nokta söz konusudur. Bunlardan birincisi panelin bünyesidir. Çok katmanlı panellerde yanıcı ısı yalıtım malzemesinin konumu önem kazanmaktadır. Metal bağlantı elemanları da yangından korunmalıdır. Yangın ile ilgili olarak diğer önemli nokta ise yanıcı derz dolgu malzemeleridir. Çözüm olarak yangın bariyeri kullanılması ve derz noktalarının mümkün olduğu kadar az olmasıdır. Güneş kriteri kesit düzenindeki katmanlaşmaya bağlı olarak iletim yoluyla ısı geçişini etkilemekle birlikte daha çok saydamlık oranına bağlı bir kriter olmasından dolayı kapsam dışı tutulmuştur. İletim yoluyla ısı geçişi ısı performans kriterinde dikkate alınmıştır. Kullanım aşamasında diğer kriterler olarak tanımlanan performans kriterleri ise yenileme kolaylığı ve depreme dayanıklılık ölçütlerinden oluşmaktadır.

4. SEÇENEKLERİN PERFORMANS KRİTERLERİNE BAĞLI DEĞERLENDİRİLMESİ

Performans kriterlerine bağlı olarak yapılan değerlendirme her sınıflandırma türüne bağlı seçeneklerin birbirlerine göre karşılaştırması esasına dayanan bir derecelendirmeye sağlanmıştır. Buna göre beton esaslı prefabrike dış duvar seçeneklerinin 1 rakamından 5 rakamına kadar belirlenen derecelendirme değerleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Bazı sınıflandırma türlerinde seçenek özelliklerine veya seçenek özelliklerinin değişkenlik göstermesine bağlı olarak performans özelliklerinde değişkenlik göstermemesi durumu 0 olarak kodlanan “etkisiz” özellikte tanımlanmıştır.

Tablo 1. Beton esaslı prefabrike dış duvar seçeneklerine ait performans özellikleri.

SINIFLANDIRMA TURLERİ	BETON ESASLI PREFABRİKE DIŞ DUVAR SEÇENEKLERİ	TASARIM AŞAMASI		YAPIM AŞAMASI			KULLANIM AŞAMASI				
		Bina fonksiyonuna uygunluk	Tasarım esnekliği	Montaj süresi	Uygulama kolaylığı	Yapım maliyeti	Isı geçirgenliği	Yangın korunumu	Yenileme kolaylığı	Depreme dayanım	
GENİŞLİK	Dar	5	5	3	5	3	0	3	3	3	
	Orta boy	4	4	4	4	4	0	4	4	4	
	Büyük boy	3	3	5	3	5	0	5	5	5	
KATMALAŞMA DÜZENİ	Tek katmanlı	0	0	5	5	5	1	5	5	5	
	Çift katmanlı	0	0	2	2	4	4	2	3	5	
	Üç katmanlı	0	0	4	4	3	4	5	4	4	
	Dört katmanlı	0	0	4	3	2	4	5	4	3	
BİÇİMSSEL ÇEŞİTLİLİK	Kat yüksekliğinde	5	5	4	4	5	0	5	5	4	
	Birkaç kat yüksekliğinde	3	4	5	3	5	0	5	4	5	
	Parapet elemanları	5	5	4	4	4	0	4	5	4	
	Küçük parçalı	5	5	3	5	3	0	3	4	3	
KONUMSAL ÇEŞİTLİLİK	Ön konumlu	0	0	4	4	5	5	0	5	3	
	Yarı-ön konumlu	0	0	5	4	4	4	0	5	4	
	Ara konumlu	0	0	5	5	5	3	0	5	5	
TAŞIYICILIK	Kendini taşıyan	5	5	4	4	5	0	0	4	5	
	Taşınan	5	5	4	5	5	0	0	5	3	
	Taşıyıcı	3	3	5	3	4	0	0	2	4	
Derecelendirme değerleri		0: etkisiz 1: kötü 2: vasat 3: orta 4: iyi 5: çok iyi									

Yukarıdaki tabloda görülen karşılaştırmalı derecelendirmelere göre dış duvar seçeneklerinin performans özellikleri değerlendirildiğinde, tasarım aşamasındaki performans kriterleri bakımından panellerin yataydaki ve düşeydeki boyutsal çeşitliliğinin etkili olduğu söylenebilir. Panel boyutları azaldıkça mekan bölümlenmelerine ilişkin temel modül büyüklüğü de azalmakta; bu durum mekan büyüklüklerine ilişkin katı sınırlamaları ortadan kaldırmaktadır. Bina fonksiyonuna uygunluk bakımından taşıyıcılık sınıflandırmasına göre taşıyıcı duvar sistemlerinin taşıyıcı aks mesafesinde olmasından dolayı birden fazla mekan grubu ve boyutunun tek bir büyüklükte uzlaşma zorlukları meydana getirmektedir.

Yapım aşamasında ise montaj süresi konusunda panellerin eşit koşullarda, vinç kullanımı ile uygulandığı varsayılarak bağlantı noktası sayısı ve ayar kolaylığı dikkate alınmıştır. Buna göre dış duvarı oluşturan bileşen ve parça sayısı arttıkça bağlantı ve ayar sayısı artmakta; buna bağlı olarak uygulama süresi de artmaktadır. Taşıyıcı duvar panellerinin montajı diğer seçeneklere göre daha zor ve kapsamlı bir uygulama olmasına rağmen, aynı zamanda hem taşıyıcı hem de bölücü olmasından dolayı montaj süresi genel toplamda kısalmakta ve avantajlı hale gelmektedir. Panel büyüklükleri azaldıkça ağırlıkları da azalacağından, montaj ve ayar yapma uygulaması daha az işgücü ile karşılanabilmektedir. Yapım maliyetleri bakımından seçenekler değerlendirildiğinde panel boyutlarının azalması ile birlikte derz uzunluklarının artması ve dolgu malzeme miktarları ile işçilik sürelerinin de artması söz konusu olmaktadır. Bu durumda dar ve küçük parçalı dış duvar elemanları dezavantajlı durumdadır. Katmanlaşma düzeninde dış duvarın ısı geçirgenliği arttıkça yapım maliyeti azalmaktadır. Bu durum ısıtılan mekanlarda sonradan daha büyük bir kullanım maliyeti yaratabilir. Bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak için bu çalışmada dış duvar seçeneklerinin farklı bina fonksiyonlarına göre ısı performans yönünden yeterli geldiği varsayılarak, panellerin ısı yalıtımsız haliyle de kullanılması durumuna göre bir değerlendirme yapılmıştır. Kendini taşıyan duvar seçenekleri yüklerini doğrudan zemine iletmeleri ve bina taşıyıcı sistemine ilave yük getirmemeleri nedeniyle taşıyıcı sistem eleman boyutlarının küçülmesinde ve dolayısıyla yapım maliyetlerinin azalmasında etkili bir rol oynamaktadır.

Kullanım aşamasındaki performans kriterleri değerlendirildiğinde panel bünyesindeki toplam ısı geçirgenlik değeri ve diğer yapı elemanları ile olan konumsal ilişkilerine bağlı oluşabilecek ısı köprüleri dikkate alınmıştır. Ayrıca üç ve dört katmanlı dış duvar panellerinde betonarme katmanların birbirine bağlanmasında ısı yalıtımını kesintiye uğratabilecek şekilde ısı köprülerinin olmadığı varsayılmıştır. Betonun ısı geçirgenlik değerinin çok yüksek olması nedeniyle katmanlaşma düzeninde ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız seçenekler arasında ciddi performans farkı vardır. Cephe düzenleme olanakları çerçevesinde konumsal çeşitliliklere bağlı seçeneklerin bazıları ısı köprülerine neden olabilmektedir. Örneğin ara konumlu panellerde atmosfere açık bina taşıyıcı sistem elemanları birer ısı köprüsü oluşturmaktadır. Yarı-ön konumlu panellerde de zaman zaman uygulama zorlukları ve hasar görme olasılıklarından ötürü kiriş ve kolon altına gelen kısımlar ısı yalıtımına sahip olmadığı için ısı köprüsü oluşabilmektedir. Yangın dayanımı bakımından derz dolgu malzemelerinin yangın bariyeri ile korunması söz konusu olmakla birlikte, olası temas ve yüksek sıcaklık nedeniyle bu noktaların zehirli gaz çıkarma ihtimalleri bulunmaktadır. Bu nedenle derz uzunluğuna bağlı olarak yangın performansları belirlenmiştir. Bu durumda büyük boyutlu panellerin yangın bakımından daha az risk taşıdığı söylenebilir. İçten ısı yalıtımlı çift katmanlı seçeneğin betonarme iç katmana sahip olmamasından dolayı yangın yönünden en olumsuz özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Yenileme kolaylığı bakımından daha az işçilik ve maliyet gerektiren seçenek özellikleri dikkate alınmıştır. Uygulamalar vinç kullanılarak yapılacağı için bu konuda ağırlık farkları dikkate alınmamıştır. Derz uzunluklarına bağlı artan işçilikler yenilemeyi zorlaştırmaktadır. Çift katmanlı dış duvar seçeneklerinde ise ısı yalıtımını genelde sonradan uygulandığı ve iç yüzeyde sıva gerektirdiği için yenileme kolaylığı bakımından olumsuz bir durum oluşmaktadır. Diğer bir zorluk da taşıyıcı duvar seçeneklerinin yenileme uygulamasında yapının taşıyıcılığını aksatmaması için ilave önlemler gerektirmesidir. Deprem bakımından seçenekler değerlendirildiğinde yapının stabilitesine maksimum düzeyde katkıda bulunması nedeniyle mekan büyüklüğündeki panellerin en etkin seçenekler olduğu söylenebilir. Dört katmanlı duvar seçeneğinde hava tabakasının önündeki dış katmanın deprem sırasında kopup ayrılması riski ve yapıya getirdiği fazla yük nedeniyle olumsuz bir özelliğe sahip olduğu söylenebilir. Kendini taşıyan duvar seçenekleri yapının stabilitesine olumlu bir katkı sağlamamasına rağmen, yükünü doğrudan toprağa iletmeleri ve yapı taşıyıcı sistemine ölü yük getirmemesi nedeniyle depreme dayanım kriteri bakımından avantajlı durumdadır.

5. SONUÇLAR

Beton esaslı prefabrike dış duvar sistemlerinde seçenek özelliklerinin tanımlanması ve değerlendirilmesine ilişkin olarak yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Tasarımı etkileyen performans kriterleri olan “bina fonksiyonlarına uygunluk” ve “tasarım esnekliği sağlayabilme” yönünden dış duvar panellerinin yataydaki ve düşeydeki boyutsal çeşitliliği etkili olmaktadır. Panel boyutları azaldıkça mekan bölümlmelerine ilişkin temel modül büyüklüğü de azalmakta; bu durum da mekan büyüklüklerine ilişkin en uygun tasarlama modülünün belirlenmesine olanak sağlamaktadır.
- Yapım aşamasında dış duvarı oluşturan bileşen ve parça sayısı arttıkça bağlantı sayısı ve ayar süresi artmakta; buna bağlı olarak toplam uygulama süresi de artmaktadır. Taşıyıcı duvar panellerinin montajı diğer seçeneklere göre daha zor ve kapsamlı bir uygulama olmasına rağmen, aynı zamanda hem taşıyıcı hem de bölücü özelliğinden dolayı genel yapım süresini kısaltmaktadır.
- Panel boyutlarının azalması ile birlikte derz uzunluklarının artması ve buna bağlı olarak dolgu malzeme miktarları ile işçilik sürelerinin de artması yapım maliyetlerini arttırmaktadır.
- Kullanım aşamasında ısı geçirgenliğine bağlı olarak betonun ısı geçirgenlik değerinin çok yüksek olması nedeniyle katmanlaşma düzeninde ısı yalıtımlı ve ısı yalıtımsız seçenekler arasında ciddi performans farkı ortaya çıkmaktadır. Cephe düzenleme olanakları çerçevesinde konumsal çeşitliliklere bağlı olarak bazı uygulamalarda ısı köprüleri oluşabilmektedir.
- Yangın dayanımı bakımından derz uzunluğuna bağlı olarak büyük boyutlu panellerin yangın bakımından daha az risk taşıdığı söylenebilir. İçten ısı yalıtımlı çift katmanlı seçenek yangın yönünden en olumsuz özelliğe sahiptir.
- Yenileme kolaylığı bakımından Derz uzunluklarına bağlı artan işçilikler yenilemeyi zorlaştırmaktadır. Çift katmanlı dış duvar seçeneklerinde ise ısı yalıtımı genelde sonradan uygulandığı ve iç yüzeyde sıva gerektirdiği için yenileme kolaylığı bakımından olumsuz bir durum oluşmaktadır. Yenilemede diğer bir zorluk da taşıyıcı duvar seçeneklerinin yenileme uygulamasında yapının taşıyıcılığını aksatmaması için ilave önlemler gerektirmesidir.
- Deprem bakımından yapının stabilitesine maksimum düzeyde katkıda bulunması nedeniyle mekan büyüklüğündeki panellerin en etkin seçeneklerdir. Kendini taşıyan duvar seçenekleri yapının stabilitesine olumlu bir katkı sağlamamasına rağmen, yükünü doğrudan toprağa iletmesi ve yapı taşıyıcı sistemine ölü yük getirmemesi nedeniyle deprem bakımından avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Mert, İ., 2001. Betonarme Prefabrike Yapım Sistemlerinin İlköğretim Binalarına Uyabilirlilik Olanaklarının Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, *Doktora Tezi*, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Allen, E., 1999. Fundamentals of Building Construction : Materials and Methods, John Wiley & Sons. Inc. , New York.
- [3] Freedman, S., 1991. Architectural Precast Concrete : A Material for the 21. Century, Exterior Wall Systems : Glass and Concrete Technology Design and Construction, ASTM Publication, Philadelphia.
- [4] Aygün, M., Çetiner, İ., Göçer, C., 1999. Yapı Elemanlarında Seçenek Üretimi ve Değerlendirilmesi, *TÜBİTAK, İNTAG 108*, İstanbul.
- [5] Göçer, C., 2006. Beton Esaslı Prefabrike İlköğretim Binalarında Isıtma Enerjisine Bağlı Enerji Kazanımı Çevre Kirliliği ve Isıtma Ekonomisi Kriterlerinin Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Ayaydın, Y., 1987. Taşıyıcı Duvar Perdeli Prefabrike Betonarme Yapılar, Yılmaz Ofset Matbaası, İstanbul.
- [7] Koncz, T., 1979. Prefabrikasyona Giriş, Yapı Merkezi, İstanbul.
- [8] Josey, B., 1986. Curtain Walls, The Architects' Journal, Architectural Press.
- [9] Ayaydın, Y., 1992. Betonarme Çok Katlı Prefabrike İskelet Sistemler, Yılmaz Ofset Matbaası, İstanbul.
- [10] Bachmann, H., Steinle, A., 2011. Precast Concrete Structures, Wiley-VCH Verlag GmbH, Berlin.
- [11] Işık, B., Göçer, C., 2000. Beton Esaslı Prefabrike Cephe Elemanları ile Giydirilen İskelet Yapılarda Birleşim Yerlerinin Yatay Kuvvetleri Karşılması, *Deprem ve Prefabrikasyon, 10. Prefabrikasyon Sempozyumu*, Türkiye Prefabrik Birliği, İstanbul.

BİNA CEPHELERİNİN YENİLENMESİNDE KULLANILAN STRATEJİLER

Bahar Başarır¹
Berrin Şahin Diri²

Konu Başlık No: 3 Çatı ve Cephe Sistemlerinde Süreçler

ÖZET

Zaman içinde tüm binalar, dış ortam koşullarının etkisiyle çeşitli fonksiyonel özelliklerini kaybetmekte, değişen teknoloji, kullanıcı profili ve yasal düzenlemeler nedeniyle kullanıcı ihtiyaçlarını ve isteklerini karşılayamaz duruma gelmektedirler. Binaların performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan cephe sistemleri, dış çevre koşullarıyla direkt ilişki içinde olduklarından diğer yapı sistemlerine oranla daha çabuk deforme olmaktadır. Ortalama 30 yıllık zaman diliminde cephe sistemlerinin kullanım ömürlerinin sonuna geldiği bilinmektedir. Bu gibi durumlarda cephelerde yenileme ihtiyacının doğması kaçınılmazdır.

Cephelerin yenilenmesi, katman, kabuk ve eleman bazında gerçekleşen her türlü ekleme, çıkarma, modifikasyon ve yenileme çalışmasını kapsamaktadır. Bu müdahale durumlarına ve müdahalenin uygulanacağı cephe düzlemine bağlı olarak çeşitli yenileme stratejileri oluşmaktadır. Her bir yenileme stratejisinin, özgün binanın mimarisi ve fonksiyonu, ekolojik sürdürülebilirliğin göstergesi olarak malzeme ve enerji ihtiyacı, kullanıcı konforunu iyileştirme potansiyeli ve projenin ekonomik sürdürülebilirliğinden sorumlu olan ekonomik hususlar üzerinde farklı bir etkisi bulunmaktadır. Bu durum her bir yenileme stratejisi için farklı potansiyeller ve kısıtlamalar getirmektedir.

Şüphesiz ki, bir binanın gerek ilk yapımında gerekse yenilenmesi sırasında tasarımı pek çok alternatif konsept çalışmasının değerlendirilmesiyle başlamaktadır. Özellikle teknik olarak karmaşık yenileme projeleri, tasarım sürecinin ilk aşamalarında oldukça fazla çalışma ve yatırım gerektirmektedir. Bu çalışmayla farklı cephe yenileme stratejileri getirdikleri avantajlar ve kısıtlamalar bağlamında tanıtılarak, yenileme projesi fiilen başlamadan önce, olası alternatif çözümlerin azaltılmasına ve en uygun yöntemin seçilebilmesine imkan sağlayacak bir süreç oluşturulmuş olacaktır. Böylece yapım sürecinin üç temel girdisi olan zaman, maliyet ve doğal/beşeri kaynaklar daha baştan doğru yöntemlere kanalize edilmiş ve en etkin şekilde kullanılmış olacaktır.

ANAHTAR KELİMELER

Retrofit, yenileme, kabuk, cephelerde yenileme, cephelerde yenileme stratejileri

¹ Bahar Başarır, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Meclis-i Mebusan Cad. No:24 Fındıklı İstanbul, 02122521600 /279, 02122517567, baharbasarirmsgsu@gmail.com

² Berrin Şahin Diri, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Meclis-i Mebusan Cad. No:24 Fındıklı İstanbul,02122521600 /279, 02122517567, berrinantalya@gmail.com

1. BİNA CEPHELERİNDE YENİLEME

Yapı alt sistemlerinden cephelerin, mekanı şekillendirme, sınırlandırma, iç mekan ile dış mekanı birbirinden ayırma ve bağlama, iç mekanı dış ortam koşullarından koruyarak, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu konfor şartlarının oluşturulması ve sürdürülmesini sağlama görevlerini üstlenmelerinden dolayı, binaların toplam performansı üzerindeki etkileri büyüktür. Diğer yandan dış çevre koşullarıyla direkt ilişki içinde olduklarından diğer yapı sistemlerine oranla daha çabuk deforme olurlar. Binalar yaşlandıkça pek çoğu cephe sistemiyle bağlantılı çeşitli fiziksel problemler nedeniyle zarar görmeye başlarlar. Çoğu konut, ticaret, sağlık ve eğitim binasının 50-100 yıl servis ömrü öngörülerek inşa edildiği günümüzde, cephe sistemi içinde duvarların ortalama servis ömrü 33, pencerelerin ise 20.9 yıl olarak belirlenmiştir [1]. Yeni bir binada toplam maliyetin %20-25'ini cephe sisteminin oluşturduğu düşünülürse, taşıyıcı sistemin etkinliğini koruduğu binalarda cephe sistemi kaynaklı sorunlar sebebiyle binanın yıkılıp yeniden yapılmasının ekonomik bir çözüm olmadığı görülebilmektedir [2]. Kullanılan malzeme ve ortaya çıkan atık miktarı düşünüldüğünde de yenileme çalışmalarının çevreye olan olumsuz etkisi neredeyse her durumda yıkım ve yeniden yapımdan daha azdır. Diğer yandan binaların yıkılması sadece sermaye, malzeme ve enerji israfı değil aynı zamanda mimari kimliğin kaybına da neden olmaktadır. Bu nedenle, binaların daha uzun süre kullanıcı ihtiyaç ve isteklerini karşılayarak fonksiyonlarını sürdürmelerinde, yani kullanım ömürlerinin uzatılmasında, cephe yenilemelerinin önemi büyüktür.

Yenileme kavram olarak çok geniş bir anlam içermektedir. En geniş anlamıyla bir şeyi tekrar yeni hale getirmek olan yenileme terimi, inşaat sektöründe mevcut bir yapıya uygulanan her türlü yapım çalışması için kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yenileme terimi ile binanın özgün tasarımında öngörülemeyen performans kriterlerine ulaşmak, değişen/yeni ihtiyaçları karşılamak veya çeşitli etkenlere maruz kalarak bozulmaya uğramış, fonksiyonlarını yerine getiremez duruma gelmiş mevcut tesis ve/veya alt sistemlerin fonksiyonel özelliklerini geri kazanması için yapılan, basit tamir ve onarım haricindeki çalışmalar ifade edilmektedir. Bu şekilde binanın revizyondan geçirilmesi yolu ile modernleştirilmesi ve güncel fonksiyonel koşullara getirilmesi amaçlanmaktadır.

Binalardaki işlev değişiklikleri, yeni binalarla entegrasyon, cephenin fonksiyonel performansının azalması ve görülen bozulmalar, binanın enerji verimliliğinin artırılmak istenmesi, yasal zorunluluklar, gönüllülük esasına dayanan sertifikalara sahip olma isteği, teknolojik gelişmeler, yapı sektörünün değişen trendleri gibi etkenler cephelerde yenileme gereksinimini oluşturan faktörlerdir. Yenileme çalışmaları sonucu binalardan istenilen performansın elde edilmesinin şartı, binanın, yapısal ve çevresel özellikleri gözetilerek, yenileme amacına uygun tekniklerle yenilenmesidir. Bu bağlamda yenileme projeleri hazırlanırken, yenileme nedenlerinin tam olarak belirlenmesi ve yenileme amacına bağlı olarak uygulanabilecek tüm tekniklerin binanın mevcut durumu ile içinde bulunduğu doğal ve yapma çevre koşullarına göre değerlendirilmesi yapılarak, en etkin yenileme stratejisinin belirlenmesi gerekmektedir.

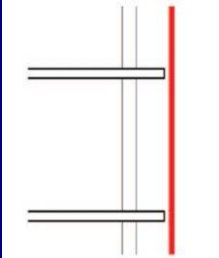
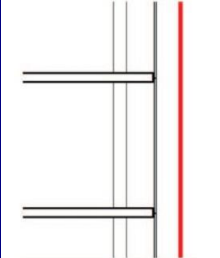
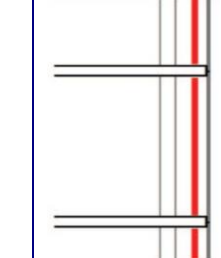
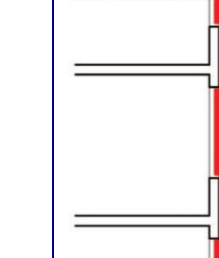
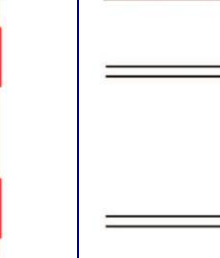
2. CEPHE YENİLEMELERİNDE KULLANILAN STRATEJİLER

Her ne kadar cephelerde yenileme konusuyla ilgili farkındalık artmış olsa da, yenileme projelerinin tasarım aşaması genellikle problemlidir. Yenileme sonucu binanın göstereceği çevresel performans ancak tasarım sürecinin sonunda belirlenebilir. Ancak tasarımın erken aşamalarında alınan kararlar, çalışmanın sonucu üzerindeki en önemli belirleyicilerdendir [4]. Bu nedenle erken tasarım evresinde doğru yenileme stratejisinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Cephelerin yenilenmesi, katman, kabuk ve eleman bazında gerçekleşen her türlü ekleme, çıkarma, modifikasyon ve yenileme çalışmasını kapsamaktadır. Bu müdahale durumlarına ve müdahalenin uygulanacağı cephe düzlemine bağlı olarak çeşitli yenileme stratejileri oluşmaktadır. Özgün cephenin

ne ölçüde korunacağı, uygulamanın yapıldığı cephe düzlemi ile katman ve kabuk düzeyinde yapılan müdahaleler düşünüldüğünde cephe yenilemelerinde temel olarak 5 stratejinin uygulandığı görülmektedir (Tablo 2.1). Her bir stratejinin mimari, yapım ve kullanım ekonomisi, fonksiyon, kullanıcı konforu, malzeme ve enerji kullanımı üzerinde farklı etkileri vardır. Bu çalışmada, cephelerde kullanılan temel yenileme stratejilerinin binalara olan etkileri, örnek projelerin incelenmesi ve literatür araştırması yoluyla edinilen bilgiler bağlamında değerlendirilmektedir. Böylece, tasarımcıların uygulanması planlanan yenileme stratejisinin etkilerini erken tasarım aşamalarında değerlendirebilmesi amaçlanmaktadır.

Tablo 2.1 Cephe yenilemelerinde kullanılan stratejilerin sınıflandırılması

CEPHE YENİLEMELERİNDE KULLANILAN STRATEJİLER				
Cephenin Yıkılıp Yeniden Yapımı	Cephenin Dış Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması	Cephenin İç Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması	Cephenin Dış Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi	Cephenin İç Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi
				

2.1. Cephenin Yıkılıp Yeniden Yapımı

Cephenin yıkılıp yeniden yapımı günümüzde pek çok cephe tipi için uygulanan en yaygın yenileme stratejisidir [3]. Mevcut cephenin ortadan kaldırılması yenileme kapsamında uygulanabilecek cephe çözümlerine büyük çeşitlilik kazandırmaktadır. Bu nedenle genellikle bina kullanıcı veya sahiplerinin binanın görünümü ve orjinal tasarımından memnun olmadıkları durumlarda kullanılmaktadır. Cephenin kolayca sökülebilmeye imkân tanıyan giydirme cephe gibi sistemlerin kullanıldığı binaların yenilenmesinde, yıkım olayı iç mekanda daha az tahribat yaratarak hızlı bir şekilde yapılabildiğinden, daha çok tercih edilmektedir. Bu stratejinin uygulandığı projelerde orjinal cephe genellikle mevcut taşıyıcı strüktüre belirli noktalardan tespit edilen yeni bir giydirme cephe kullanılarak yenilense de, çift kabuk ve yerinde yapım uygulamaları da görülebilmektedir.

Mimari etkisi:Yenileme sırasında tüm cephenin kaldırılması yeni cephenin tasarımında mimarlara neredeyse tam bir özgürlük tanımaktadır. Bu strateji, anıtsal değer sebebiyle birebir yenilemenin gerekli olmadığı durumlarda, binaya tamamen yeni bir görünüş kazandırılmak için kullanılmaktadır (Şekil 2.1). Bu konuda binanın getirdiği en önemli kısıtlama mevcut taşıyıcı sistemin durumudur. Taşıyıcı sistemin yük taşıma kapasitesi, taşıyıcı elemanların cephe düzlemiyle olan ilişkisi kullanılabilir yeni sistemi ve cephe mimarisini etkilemektedir.



Şekil 2.1 Wilhelminastaete Binası, Amsterdam, Hollanda. Solda cephenin yenilemeden önceki, sağda ise yenilemeden sonraki durumu görülmektedir [5].

Kullanıcı konforu ve fonksiyona olan etkisi: Yeni cephe yapı fiziği açısından güncel ihtiyaçları ve performans kriterlerini karşılayacak duruma kolayca getirilebilir. Cephe tamamen değiştirildiği için en güncel teknik standartları sağlaması mümkün olmaktadır. Aynı zamanda eski sistemde kullanılmış olan zararlı malzemeler yenileme yoluyla binadan uzaklaştırılmaktadır. Bütünleştirilmiş cephe kullanımı sayesinde teknik donanımın yenilenmesi de mümkündür.

Malzeme ve enerji kullanımına etkisi: Diğerleriyle karşılaştırıldığında, bu stratejide orjinal strüktürün önemli bir bölümünün kaldırılması yenileme sırasında daha çok malzeme kullanımına neden olmaktadır. Yeni cephenin yapımında kullanılacak malzeme ve enerji ihtiyacı yeni tasarımın formu ve yapım sistemi ile de ilgilidir. Daha fazla enerji ve malzeme kullanımına karşın bu strateji kullanılarak yenilenmiş cepheler genellikle kullanım dönemi süresince en iyi enerji performansını göstermektedirler [3]. Ayrıca tasarım sürecinde geri dönüştürülmüş ya da geri dönüştürülebilir malzemelerin seçimi ve sökülüp takılabilen yapım sistemlerinin tercih edilmesi sayesinde kullanılacak malzemelerin binanın kullanım ömrü sonundaki performansı planlanabilmektedir.

Ekonomik etkisi: Bu stratejide hem yıkım hem de yeniden yapım maliyetleri göz önüne alınmalıdır. Bina, içinde yıkım çalışmaları yapıldığı için genellikle yenileme süresince kullanılamamaktadır. Bu durum kullanıcıların yenileme süreci boyunca başka bir yere taşınmalarını da gerektirdiğinden ek bir maliyet getirmektedir. Diğer yandan binanın kullanımda olmaması yerinde yapım sürecini kısaltmakta ve iç mekanın yenilenmesi için potansiyel oluşturmaktadır. Yeni cephenin yüksek kalite göstereceği düşünülerek işletme maliyetlerini belirgin oranda azaltacağı söylenebilmektedir. Tasarım süresince cephe temizliği ve ileriye dönük adaptasyon olasılıkları göz önünde bulundurulduğunda, cephenin bakım maliyetleri de azaltılabilmektedir.

2.2. Cephenin Dış Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması

Son zamanlarda yenileme projelerinde sıkça görülmeye başlayan bu strateji, özellikle rüzgârlı ve gürültülü yerleşimlerde bulunan binalar için rekabetçi çözümler sunmaktadır. İkinci kabuk binayı sararak dış çevre koşullarından ve buna bağlı bozulmalardan korur. Yenileme çalışmaları binanın dışında sürdürüldüğü için iç mekân bundan etkilenmez. Fakat ikinci kabuğun eklenmesiyle binada aşırı ısınma ve yoğunlaşma problemleri oluşabilmektedir. Mevcut cephede uçucu organik bileşen (VOC) içeren zehirli malzemelerin bulunduğu durumlarda ise bu stratejinin kullanımı önerilmemektedir. Cepheye yeni bir kabuğun eklenmesi binaya ek yük getireceği için, binanın taşıyıcı sisteminin durumu bu stratejinin uygulanabilirliğinde önemli bir kriterdir. Ek kabuk olarak cam ünitesi veya yalıtımlı prefabrike paneller kullanılmaktadır.

Mimari etkisi: Cepheye yeni bir kabuğun eklenmesi binanın görünüşünde yeni bir etki yaratmaktadır (Şekil 2.2). Özgün cephe genellikle yeni kabuğun arkasında görülebilir durumdadır. Fakat kullanılan yeni kabuk sistemine bağlı olarak binada özgün tasarıma vurgu yapan, onu ortaya çıkaran bir görüntü oluşabileceği gibi tamamen yeni bir görüntü oluşturmak da mümkündür. Sisteme eklenecek kabuğun tasarımında ise belli sınırlamalar mevcuttur. Bu konudaki kısıtlamaları binanın şekli, strüktürel taşıma kapasitesi, mevcut cephe sistemi ve yeni kabuğun binayla olan birleşim şekli oluşturmaktadır.

Kullanıcı konforu ve fonksiyona olan etkisi: Ek kabuk ve kabuklar arasında kalan hava boşluğunun binayı ve kullanıcıları etkileyen pek çok avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. Bu nedenle karar aşamasından önce dikkatli bir fayda zarar analizi yapılması gerekmektedir. Bu stratejinin en büyük avantajlarından biri, teknolojik yeniliklerin getirdiği yeni servis ihtiyacını karşılayacak biçimde, boru kablo ve diğer tesisat elemanlarını barındıracak ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmayı sağlayacak tasarımlara olanak tanımasıdır [11]. Rüzgârlı bölgelerde uygulanan ikinci kabuk sayesinde mevcut cephedeki pencereler açılarak tampon bölge üzerinden doğal havalandırma yapılabilmektedir. Ek kabuk dışarıdan gelen gürültüye karşı akustik performansı arttırmaktadır. Diğer yandan iç mekanlar arasında, kabuklar arasındaki boşluktan kaynaklanan ses iletimi sorunu yaşanabilmektedir.

Doğal havalandırma sağlamak için dış kabukta açılan pencereler de dış ortamdaki gürültüyü içeri almakta, tampon bölgedeki hava akışı belli miktarda gürültü oluşturmaktadır.[6]



Şekil 2.2 William Farrell Telus Binası, Vancouver, Kanada. Solda binanın yenilemeden önceki görünüşü, ortada yenilemeden sonraki görünüşü, sağda mevcut ve yeni kabuk arasındaki boşluktan görünüş [6][10].

Mevcut kabuk ile ikinci kabuk arasında kalan tampon bölge cepheye gelen güneş ışınımının bir kısmını emdiğinden kış aylarında dış ortama göre daha sıcaktır. Yaz aylarında ise ısınan hava tampon bölgede yükselerek binadan uzaklaştırılır, tampon bölge dış ortama göre daha serin kalır. Böylece binanın ısıtma ve soğutma yükü azalır. Buna karşın, kış aylarında iç mekandaki sıcak havanın tampon bölgeye akmasıyla cephede yoğuşma problemi görülebilmektedir. Yaz aylarında da tampon bölgede yükselen hava üst katlarda aşırı ısınma sorunu yaratabilmektedir. Bu nedenle bu stratejinin uygulandığı binalarda mekanik havalandırma düşünülmeli, mevcut cephede ısı yalıtımı ve buhar geçirimsizlik önlemleri alınmalıdır. [3]

Cepheye ikinci kabuğun eklenmesiyle artan çephe derinliği iç mekana gün ışığı alımını azaltmaktadır. Bu durum binanın konumuna ve bulunduğu iklim kuşağına bağlı olarak olumlu ya da olumsuz etki yaratmaktadır [3]. Bunlara ek olarak, kabuklar arasındaki hava boşluğunun baca etkisi yaratarak binanın yangın korunumunu zayıflattığı unutulmamalıdır.

Malzeme ve enerji kullanımına etkisi: Her ne kadar mevcut cephe korunuyor olsa da binaya yapılan kabuk eklemesi büyük miktarda malzeme kullanımını gerektirmektedir. Ek kabuk için kullanılan malzemenin yanında, mevcut cephenin iyileştirilmesinde de malzeme harcanmaktadır. Buna rağmen cephenin yıkılarak yenilenmesinden daha az malzeme harcanacağı söylenebilir [3]. Ek kabuk ve tampon bölge ısı izolasyonu sağladığından, binanın enerji performansı artmaktadır. Yenilenen binanın enerji tüketimi ise mevcut cephenin kalitesine ve kullanılan havalandırma sistemine bağlı olarak değişmektedir.

Ekonomik etkisi: İkinci kabuğun inşası için bina dışında iskele ve çeşitli makinelere ihtiyaç duyulduğundan yapım maliyeti yeni cephe maliyetiyle kıyaslanabilecek kadar yüksektir. Ancak yenileme çalışmaları süresince iç mekân ile fazla bir etkileşim olmadığından bina bu süreçte kullanılabilir durumdadır. Binanın artan enerji performansı, işletme maliyetlerini düşürür. Cam ünitelerin kullanıldığı ek kabuklarda temizlik maliyetleri oldukça yüksektir ve işletme maliyetleri kapsamında değerlendirilmesi gerekir.

2.3. Cephenin İç Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması

Bu yenileme stratejisi genellikle, kitlelerin benliğinde yer etmiş, anıt özelliği taşıyan ve bu nedenle cephe algısını değiştirecek müdahalelerin yapılamadığı binalarda kullanılmaktadır. Ek kabuk, mevcut cephenin yalıtım özelliklerine bağlı olarak, yalıtımlı ya da yalıtımsız panellerden oluşmaktadır. Yalıtımlı paneller taşıyıcı döşeme tarafından taşınıp, bölücü duvarlarla desteklenir. Yalıtımsız paneller ise taşıyıcı cephe ya da döşeme tarafından taşınmaktadır [3]. Bu strateji, cephenin iç yüzeyine yeni katmanlar eklenmesi yöntemiyle yapılan ısı performans iyileştirmelerinin geliştirilmiş

versiyonudur. Ek kabuğun kendi taşıyıcı iskeleti, bu stratejiyi sadece taşıyıcı duvarlar için değil, iskelet ve giydirme cepheler için de kullanılabilir kılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 BMW Merkez Binası, Münih, Almanya. Solda cephenin dıştan görünüşü, sağda izolasyonlu ek kabuğun iç mekandan cepheye montajı [7].

Mimari etkisi: Uygulama cephenin iç yüzeyinden yapıldığı için binanın dış görünüşünde hiçbir değişiklik olmamaktadır. Buna karşın, ek kabukla iç mekanının etkileşiminden iç mekan tasarımı büyük oranda etkilenmekte; bu nedenle titiz bir planlama gerekmektedir. Ek kabuğun iç mekanda kaybettiği alanın da iç mekan mimarisini etkilediği unutulmamalıdır. Cephenin gelecekte oluşacak ihtiyaçlara bağlı olarak uyarlanabilirliğinin sağlanması da ek kabuğu oluşturan bileşenlerin planlama ve tasarımına bağlıdır.

Kullanıcı konforu ve fonksiyona olan etkisi: Bu stratejinin iç mekan yenilemesiyle beraber düşünülmesi gerekmektedir. Böylece potansiyel zehirli malzemeler cepheden uzaklaştırılarak, yeni bir iç mekan tasarımı ve iklimlendirme konsepti sağlanabilir. Ek kabuk ve kabuklar arasındaki tampon bölgenin derinliği doğal aydınlatmayı engellemektedir. Diğer yandan tampon bölge, gölgelendirme elemanları için korunaklı bir alan oluşturmada, teknik tesisat yerleştirmek için kullanılabilir. Tampon bölge dış çevreyle bina arasında yeni bir iklim alanı oluşturan bir yalıtım tabakası olarak da düşünülebilir. Binanın kış aylarındaki ısı performansını artırır. Ancak yaz aylarında aşırı ısınma sorunu gözlemlenebilir. Bu sorunun giderilmesi için yenilenen binalarda mekanik havalandırma sisteminin kullanılması önerilmektedir. Ek kabuk binada yoğunlaşma problemi oluşturabileceğinden uygulamada bununla ilgili önlem alınması gerekmektedir.

Malzeme ve enerji kullanımına etkisi: Bu strateji ile orjinal cephe büyük oranda korunmakta; dış çevre koşullarından mevcut cephe ile korunan ek kabukta teknik gereksinimler azaldığı için malzeme ihtiyacı da azalmaktadır. Ek kabuğun geri dönüşüm kapasitesi de oldukça yüksektir. Binadan ayrı bir konstrüksiyon olduğundan kolayca sökülüp kaldırılabilir. Ayrıca ek kabuk, cephenin ısı yalıtım düzeyini makul derecede iyileştirdiğinden, binanın ısıtılmasında kullanılan enerji miktarı da azalmaktadır.

Ekonomik etkisi: Ek kabuğu oluşturan paneller yüksek prefabrikasyon ürünü oldukları için yerinde yapım süresi azalmaktadır. Fakat yapım işleri iç mekanda sürdürüldüğünden yenileme süresince bina etkin olarak kullanılamaz. Ek kabuk, binanın ısı performansını enerji ihtiyacını azaltacak düzeyde artırarak işletme maliyetlerini azaltır. Yine de cephenin işletme maliyetleri havalandırma konsepti tarafından belirlenmektedir [3]. Diğer yandan ek kabuk bakım ve temizlik maliyetlerini arttırmaktadır. İki kabuğun da açılarak cephenin iç mekandan tamamen kullanılır olmadığı durumlarda, cephenin dışına temizleme cihazı kurulması gerekmektedir.

2.4. Cephenin Dış Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi

Bu strateji hızlı, kolay uygulanabilir ve cephede görülen temel problemlerin giderilmesi için güvenli bir yol sunmaktadır. Bu şekilde az bir yapım masrafla cephenin istenilen performans özelliklerinin artırılması mümkün olmaktadır. Ancak cephede ek katmanları taşıyacak, ankraj elemanlarının tesbit edilebileceği taşıyıcı ve düz bir duvar yüzeyi ya da bir iskelet sistemi olması gerekmektedir. Ek

katmanların hareket etmemesi ve konstrüksiyona girecek buhar riskini azaltmak amacıyla işlem yapılacak duvarın düzgün yüzeyli olması önem taşımaktadır. Aynı zamanda binanın ve cephenin taşıyıcılık özellikleri dikkate alınarak eklenecek katmanların ağırlıkları belirlenmelidir.



Şekil 2.4 Basf Türk Dilovasi, Kocaeli, Türkiye. Solda binanın yenilemeden önceki hali, ortada cepheye sprej poliüretan köpük ısı yalıtımı ve dış cephe kaplaması uygulanması, sağda binanın yenilemeden sonraki hali [8], [9].

Mimari etkisi: Bu stratejide tasarım, kaplama malzemesinin rengi, dokusu ve formu ile sınırlıdır. Kullanılan kaplama elemanları sayesinde cephe şeklini belli oranda değiştirmek mümkün olmaktadır. Binanın geometrisine bağlı olarak havalandırılmalı kaplama sistemi alt konstrüksiyonu çok geniş bir tasarım imkanı sunar. Metal, cam, suni-doğal taş ve kompozit malzemeler gibi çok değişik kaplama malzemeleri mevcuttur. Kaplama sistemi gelecekte yapılacak değişikliklere uyum sağlayacak tekil bileşenlerden oluşmaktadır.

Kullanıcı konforu ve fonksiyona olan etkisi: Cephenin dış yüzeyine katman ekleyerek ısı yalıtımını arttırmak basit ve etkili bir yöntemdir. Bu stratejide masif duvarlar termal kütle olarak görev yaptığından binanın ısı performansının artırılmasına katkıda bulunmaktadır. Yeni pencere ve gelişmiş camların beraber kullanımı ile de termal konfor kolayca artırılabilir. Dış cepheye yalıtım ya da kaplama katmanı eklenmesi cephe derinliğinin artmasına ve içeriye giren gün ışığının azalmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda dış cepheye monte edilen storlar da genellikle pencere boyutlarını azaltmaktadır. Bu durum iç mekanın doğal aydınlanma seviyesini düşürmektedir. Yenilenmiş cephenin akustik performansı ise uygulanan stratejiyle geliştirilmiş olmasına rağmen yeni pencerelere bağlı olarak da değişmektedir. Diğer yandan, havalandırılmalı bir kaplama sistemi çok farklı suni havalandırma sistemleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Sistematik hazırlanmış bir alt yapı sistemi, kaplama sisteminin içinde havalandırma kanalının geçebileceği yeterli boşluğun kalmasını sağlamaktadır.

Malzeme ve enerji kullanımına etkisi: Bu sistem sadece gerekli minimum malzemeyi tüketmektedir. Ayrıca sistem hafiftir ve mevcut strüktürün bu kaplama sistemini taşımasından başka bir talebi yoktur. Diğer yandan sistem ekonomik ömrünün sonunda zayıf bir performansa sahiptir, çünkü katmanlar malzemelerine ayrılamaz. Aslında henüz kullanılmış yalıtım malzemesinin gelecekte nasıl işleneceği bilinmemektedir. Yenileme sayesinde binanın ısı performansı artmakta, dolayısıyla iklimlendirme için gerekli olan enerji miktarı azalmaktadır.

Ekonomik etkisi: Bu sistem en iyi bilinen ve bir binanın ısı performansını arttıracak en ucuz çözümdür. Binanın ısı performansı belirgin şekilde arttığından, işletme maliyetlerinde düşüş görülür. Binaya müdahale en fazla ankraj elemanlarının cepheye tesbiti ile olmakta, bütün herşey dışardan yapılmaktadır. Bu da dışarda iskele kurulması ihtiyacını doğurmakta ve ek maliyet getirmektedir. Cephenin bakım onarım maliyetlerinde belirgin bir artış görülmez. Bu sistem kısa aralıklarla (çevresel etkilere bağlı olarak yaklaşık 10 yılda bir) temizlenmeli ve boyalı cephe tekrar boyanmalıdır. Havalandırılmalı cephenin bakımı ise basittir ve bitiş malzemesi ile detaylandırmaya göre değişmektedir.

2.5. Cephenin İç Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi

Cephenin iç yüzeyine katman eklenerek yapılan yenilemeler, cephe algısının değiştirilmek istenmediği ya da kısa sürede ısıtmanın zaruri olduğu binalarda, binanın ısı performansını arttırmak için kullanılmaktadır. Cepheye eklenecek katmanın montajı için düzlemsel bir duvara ihtiyaç duyulur (Şekil 2.5). Bu strateji kullanılarak mevcut cepheye ek ısı yalıtımı ve yeni bir iç yüzey kazandırılmış olur. Fakat sağlanan ısı yalıtımı, cephe elemanlarında yoğunlaşma ve termal genleşme riski oluşturmaktadır.



Şekil 2.5 Camden, Kuzey Londra'da koruma alanında bulunan dolu tuğla duvarlı Viktorya tarzı binada cephe yenilemesi. Solda binanın dıştan görünüşü, sağda cephe duvarına iç yüzeyden uygulanan ısı yalıtımı [12].

Mimari etkisi: Bu strateji sayesinde bina, dış görünüş özellikleri değiştirilmeden korunabilmektedir. Bu nedenle kültürel değer taşıyan ve görünüşün değiştirilemeyeceği binalarda anıtsal koruma amaçlı uygulamalar için önerilmektedir. Bu durum yenilemede tasarım özgürlüğünü oldukça kısıtlamaktadır. Cephenin iç yüzeyinden bir yenileme gerçekleştirildiğinde bu genellikle beraberinde iç mekan yenilemelerini de getirmektedir. İç mekanda ise uygulamadan kaynaklı kullanılabilir alan kayıpları yaşanmaktadır. Ayrıca ek katmanla birlikte tüm cephe tek bir sistem olarak işlediğinden gelecekte ihtiyaç duyulabilecek yenilemeler kolay olmamaktadır.

Kullanıcı konforu ve fonksiyona olan etkisi: Cephenin iç yüzeyinden yapılan yenilemeler cepheye ısı yalıtım katmanı eklenmesi şeklindedir. Eklenen ısı yalıtım katmanının verimliliği kullanılan malzemeyle ilgili olmakla beraber, binanın ısı performansını belli oranda arttırmaktadır. Ek katman cepheyi tamamen sarmadığı için ısı köprülerinin önüne geçmek zordur. İç mekandan yapılan bu yenilemede cephenin ısı depolama miktarı az, iç mekanın ısınma süresi kısadır. Bu strateji yoğunlaşma riskinin yüksek olduğu bir uygulamadır. Malzeme içinde suyun bulunması, o malzemenin ısıl iletkenliğinin artmasına sebep olduğundan, cephenin ısıl açıdan yeterliliğini devam ettirebilmesi için kesit içinde yoğunlaşma olmaması gerekmektedir. Uygulamada buhar kesici kullanılarak bu sorunun önüne geçilebilmektedir. Bunun yanı sıra, cephenin duvar kesitinde yıl boyunca görülen sıcaklık farklarında da artış görülmektedir. Bu sebeple oluşan termal genleşme, cephenin birleşim noktalarında gerilime bağlı çatlaklar oluşturmaktadır [3]. Uygulamada mevcut cephe katmanlarına müdahale edildiğinden, zehirli malzemelerin cepheden uzaklaştırılabilmesi kolaylaşmakta, strüktürel yangın güvenliği iyileştirilebilmektedir.

Malzeme ve enerji kullanımına etkisi: Bu stratejinin uygulanmasında oldukça az malzeme kullanılmaktadır. Uygulama binanın taşıyıcı sistemine kayda değer bir yük getirmez. Sistemde oluşan ısı köprüleri nedeniyle ek katmanın yalıtım kapasitesi çok yüksek olmamaktadır. Bu durum binanın enerji tüketimini belli miktarda azaltmasına rağmen, binanın yüksek enerji performansı göstermesi için ek tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Ekonomik etkisi: Stratejinin malzeme ve uygulama maliyeti oldukça düşüktür. Yalıtım katmanı binanın ısı performansını arttırdığından işletme maliyetlerinde de düşüş görülecektir. Uygulamanın iç

mekanda kullanılabilir alanı azaltması ve yapım süreci boyunca binanın kullanımını etkilemesi ekonomik anlamda sorun oluşturmaktadır.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sürekli gelişen ve değişen teknoloji yapım sistemlerini olduğu gibi bu sistemlerin yenilenmesinde kullanılacak teknikleri de geliştirmekte ve çeşitlendirmektedir. Yenileme tekniklerinin cephe sistemine müdahale durumlarına ve müdahalenin uygulanacağı cephe düzlemine bağlı olarak çeşitli yenileme stratejileri oluşmaktadır. Bu çalışmada binaların cephe yenilemelerinde kullanılan temel stratejiler, potansiyelleri ve kısıtlamaları bağlamında değerlendirilmiş ve

'de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3.1 Cephe yenilemelerinde kullanılan temel stratejilerin değerlendirilmesi.

Strateji	Avantajlar	Dezavantajlar	Sonuçlar
Cephenin Yıkılıp Yeniden Yapımı	Mevcut taşıyıcı sistemin elverdiği ölçüde tasarım özgürlüğü vardır. Cephe kolayca yapı fiziği açısından güncel teknik standartları karşılar duruma getirilebilir. İşletme enerjisi performansı yüksektir. Eski konstrüksiyonda bulunan zararlı malzemeler binadan uzaklaştırılır.	Yapım aşamasında büyük miktarda malzeme ve enerji tüketimi vardır. Bina yenileme süresince kullanılamaz. Maliyeti yüksektir.	Korunması gereken binaların cephe yenilemesinde kullanılamaz. Yenileme sürecinde bina kullanılamaz. Yeni yapım standartlarında cephe sistemi elde edilir.
Cephenin Dış Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması	İç mekân yenileme çalışmalarından etkilenmez. Özellikle rüzgârlı ve gürültülü yerleşimlerde bulunan binalarda konfor koşullarını artırır. Teknolojik yeniliklerin getirdiği yeni servis ihtiyacını karşılayacak biçimde tasarlanabilir. Binanın ısıtma ve soğutma yükü azalır. Binanın enerji performansı artar.	Maliyeti yüksektir. Binada aşırı ısınma ve yoğuşma problemleri oluşabilmektedir. Mevcut cephede zehirli malzemelerin bulunduğu durumlarda kullanımı önerilmez. Taşıyıcı sisteme ek yük getirir. İç mekana gün ışığı alımı azalır. Bakım ve temizlik maliyeti yüksektir.	Belli şartlar altında korunması gereken binaların cephe yenilemesinde kullanılabilir. Yenileme sürecinde bina kullanılabilir. Yenilemenin neden olabileceği olumsuz koşullara karşı ek önlemler alınmalıdır.
Cephenin İç Yüzeyine Ek Kabuk Uygulaması	Cephe algısı ve mimarisi değişmez. Tampon bölge yeni servis ihtiyacını karşılayacak biçimde tasarlanabilir. Binanın kış aylarındaki ısı performans artar; enerji tüketimi azalır. Malzeme tüketimi azdır. Ek kabuğun geri dönüşüm kapasitesi yüksektir. Yerinde yapım süresi azdır.	İç mekân kullanımı yenileme çalışmalarından etkilenir. İç mekana gün ışığı alımı azalır. Yoğuşma ve yaz aylarında aşırı ısınma sorunu gözlenebilir. İç mekanda kullanılabilir alan kaybı olur. Bakım ve temizlik maliyeti yüksektir.	Korunması gereken binaların cephe yenilemesinde kullanılabilir. Yenileme sürecinde bina kullanılamaz. Yenilemenin neden olabileceği olumsuz koşullara karşı ek önlemler alınmalıdır. Kullanılabilir alan kaybı yaşanmaktadır.
Cephenin Dış Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi	Hızlı, kolay uygulanabilir ve cephede görülen temel problemlerin giderilmesi için güvenli bir yol sunar. Cephe tasarımı kaplama malzemesi rengi ve dokusu ve formuna bağlı olarak çeşitlenebilir. Yapım maliyeti düşüktür. Malzeme tüketimi azdır. Binanın ısı performans artar; enerji tüketimi azalır.	İç mekana gün ışığı alımı azalır. Çok katlı binalarda uygulama için iskeleye ihtiyaç vardır.	Korunması gereken binaların cephe yenilemesinde kullanılamaz. Yenileme sürecinde bina kullanılabilir. Cephenin toplam performansını artırma kabiliyeti yüksektir.
Cephenin İç Yüzeyine Yeni Katmanlar Eklenmesi	Cephe algısı ve mimarisi değişmez. İç mekânın ısınma süresi kısadır. Malzeme tüketimi azdır. Zehirli malzemelerin cepheden uzaklaştırılabilmesi kolaydır. Strüktürel yangın güvenliği iyileştirilebilir. Binanın ısı performans belli miktarda artar, enerji tüketimi azalır. Yapım maliyeti düşüktür.	İç mekân kullanımı yenileme çalışmalarından etkilenir. Cephenin ısı depolama miktarı azdır. İç mekanda kullanılabilir alan kaybı olur. Cephe elemanlarında yoğuşma ve termal genişleme riski oluşur. Isı köprülerinin önüne geçmek zordur. Binanın enerji tüketimi belli miktarda azalmasına rağmen, binanın yüksek enerji performansı göstermesi için ek tedbirlerin alınması gereklidir.	Korunması gereken binaların cephe yenilemesinde kullanılabilir. Yenileme sürecinde bina kullanılamaz. Yenilemenin neden olabileceği olumsuz koşullara karşı ek önlemler alınmalıdır. Kullanılabilir alan kaybı yaşanmaktadır. Cephenin toplam performansını artırma kabiliyeti düşüktür.

Temel cephe yenileme stratejilerin değerlendirilmesi ortaya konularak tasarımcıların yenileme projelerini hazırlarken, erken tasarım evresinde, aldıkları kararların etkilerini öngörebilmeleri amaçlanmıştır. Ancak bu bilgiler genel değerlendirme niteliğindedir. Çünkü yenileme kapsamında ele alınacak her bina; mevcut strüktürünün durumu, yeri, yönlendiriliş durumu, boyutları ve biçim faktörü, diğer binalara göre konumu, amaçlanan kullanımı ile cephe sisteminin optik, termofiziksel ve kuruluş özellikleri açısından farklı niteliklere sahiptir. Her binanın bu niteliklere bağlı avantaj ve dezavantajları bulunmakta, yenileme stratejisinin uygulanabilirliği ve verimliliği bunlardan etkilenmektedir. Bu nedenle tüm binalarda olumlu sonuç verecek tek bir strateji belirlemek mümkün değildir. Yenileme çalışmalarına başlanmadan önce bu yönlendirici ölçütlerle ilgili bilgi toplamak ve bu bilgileri iyi analiz etmek gerekmektedir.

Yenileme stratejisinin seçiminde binanın konumu ve mevcut durumu kadar, kullanıcıların beklentileri, projenin bütçesi ve binanın öngörülen kullanım ömrü de belirleyici olmaktadır. Seçilen strateji, yapılabirlik, ekonomik fizibilite, enerji korunumu ve kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verme potansiyeline göre değerlendirilmelidir. Seçilecek yenileme stratejisinin, işletme ve yenileme giderleri düşünüldüğünde, makul harcamalarla modern bir bina oluşturması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]http://www.canadianarchitect.com/asf/enclosure_durability/durability_implications/durability_implications.htm
- [2] <http://www.buildings.com/article-details/articleid/9024/title/maintainingfacade-envelope-integrity.aspx>
- [3] **Ebbert, T.**, 2010. Re-Face: Refurbishment Strategies for the Technical Improvement of Office Façades. Doktora Tezi, Delft University of Technology, Building Technology Department.
- [4] **Konstantinou, T. ve Knaack, U.**, 2011. Refurbishment Of Residential Buildings: A Design Approach To Energy-Efficiency Upgrades. 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, Procedia Engineering 21, 666 – 675
- [5]**Remøy, H.T. ve Wilkinson S. J.**, 2012. Office Building Conversion And Sustainable Adaptation: A Comparative Study. Property Management, Vol. 30 No. 3, Emerald Group Publishing Limited, s:218-231
- [6] **Vance, E.**, 2013. Development of a Design-Phase Assessment Tool for Double Façades in Retrofit Applications. Master of Applied Science in Civil Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Kanada
- [7] **Schollglas**, 2006. Für Die Zukunft Gerüstet, Sanierung Der BMW-Zentrale Mit Sonnenschutzisolierverglaung Von Schollglas. Glasforum 12/2006, s:2-4
http://www.schollglas.com/statik/PRESSE+REFERENZEN/332/downloads/BMW_glasforum%2012-2006.pdf

7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014*
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

[8] http://www.altensis.com/wp-content/uploads/2012/01/BASF_A55_Leaflet.pdf

[9] http://www.energyefficiency.basf.com/ecp1/EnergyEfficiency/en/function/conversions:/publish/content/show_houses/PDFs/121206_Reference_Dilovasi_Turkey_EN_FINAL.pdf

[10] http://greenbuildingbrain.org/buildings/william_farrell_building_revitalization_for_telus

[11] Zerofootprint, 2011.Re-Skinning Old Towers. www.architectureweek.com

[12] **Holmes, M.**,2009. Internal Wall Insulation. Home Building and Renovating, Sayı: Mayıs 2009, <http://www.homebuilding.co.uk/advice/key-choices/structural/internal-wall-insulation>

Çatı Sarnıcı

Deniz Dokgöz¹
Ferhat Hacılibeyoğlu²
Orhan Ersan³

Konu Başlık No: 9 Yenilikçi çatılar

ÖZET

Son yıllarda, sürdürülebilirlik anlamında yapılarda en uygulanabilir geri dönüşüm yöntemlerinden biri, yağmur sularının toplanıp kullanım suları olarak depolanmasıdır. Özellikle kamu yapılarının bahçelerine yapılan sarnıçlar yardımıyla yağmur suları toplanıp kullanılabilir. Fakat, özellikle kent merkezleri gibi sıkışık kentsel doku içerisinde yağmur sularının yeniden kullanımı şu ana kadar üzerinde düşünülmemiş bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada pilot bölge olarak seçilen İzmir'in Alsancak semtinde sarnıç olgusu tasarımsal bir öge olarak ele alınmıştır. Yoğunlaşmış apartman yapıları içerisinde, zeminde bunların tesisat alt yapılarının yapılabileceği alan bulunamaması, var olan alanların çok değerli konumda olması ve genelde otopark gereksiniminin maksimum derecede olması bu sarnıçların farklı noktalarda tasarımsal olarak ele alınması sonucunu doğurmuştur.

Çatı sarnıcının kurgusu ve özellikleri; Yağmur suyunu tutan çatıdaki yapısal ögenin aynı zamanda bir su deposu görevi görmesi; deponun boş olduğu zamanlarda etkinlik amfisi gibi kullanılabilmesi; apartman yapılarının sahip olduğu geometrik değeri mimari olarak vurgulayarak mimari bir karakter oluşturması; sistemin kurulduğu yapıyı serinletmesi, gölgelemesi ve altında kalan mekanın değerlendirilebilmesi, olarak sıralanabilir. Bu doğrultuda mevcut bir apartman yapısının çekirdek kısmı sarnıcın merkezidir. Çekirdekte bulunan tesisat bacalarını kullanarak suyun dolaşımı kolaylaştırırken, su olmadığı zamanlar sarnıca çekirdekteki merdivenden direkt ulaşılabilir. Sarnıcın altında kalan alanda apartmanda yaşayanların kullanabileceği çok amaçlı salonlar kurgulanabilir, bu alan uygun bir peyzaj düzenlemesiyle keyifli vakit geçirilecek bir alana dönüştürülebilir. Önerinin bir diğer yönü de bir deniz kentinin denize öykünmesi olarak tarif edilebilir. Çatılarında suyu tutmaya çalışması... Diğerleri uzaklaştırmaya çalışırken...

ANAHTAR KELİMELER:

Tasarım, Çatı, Sarnıç, Çatı sarnıcı, Yenilikçi çatı

¹ Yrd. Doç. Dr. Deniz DOKGÖZ, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca İZMİR, 0533 734 32 71, fax 0 232 453 29 86, deniz.dokgoz@deu.edu.tr

² Ar. Gör. Dr. Ferhat HACIALİBEYOĞLU, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca İZMİR, 0532 4652438, fax 0 232 453 29 86, f.hacialibeyoglu@deu.edu.tr

³ Y. Mimar Orhan ERSAN, 1376 sk. No:21 d:9 Alsancak İZMİR, 0532 7819225, fax 0 232 422 38 11 orhan@ikiartibir.com.tr

ÇATI SARNICI*

Su...

Tarihsel bir perspektiften baktığımızda su, insanoğlu için hayat kaynağı olmasının dışında yaşam biçimlerini kurgulayan bir etken olmuştur. Yerleşik topluma geçişi tanımlayan en önemli girdilerden bir tanesini oluşturmaktadır. Su yenilenebilir bir kaynak olmasına karşın, gelişen toplumun yeni gereksinimleri doğrultusunda ortaya çıkan çevresel olumsuz etkenler, nüfus yoğunluğu, endüstrileşmenin getirdiği kirlilikler, iklimsel verilerin değişimi, küresel ısınma gibi nedenlerle yenilenme döngüsünü tam olarak yerine getirememekte, dolayısıyla birçok bölgede su gereksinimi karşılanamamaktadır. Coğrafi açıdan doğal su kaynaklarının dağılımının dünyanın her bölgesinde aynı olmaması bu sorunu pekiştirmektedir. Tüm bu etkenlerden dolayı su, stratejik öneme sahip doğal bir kaynak olmuştur.

Suyu korumak...

Suyun nüfus artışın paralel olarak kullanım yoğunluğunun artması, bununla beraber doğal su kaynaklarının hızla tahrip olması ve azalması, alternatif su kaynaklarına yönelimi zorunlu kılmıştır. Bu noktada yağmur suyunun bir kaynak olarak kullanılması gündeme gelmiştir.1 Yağış miktarının yoğun olduğu bölgelerde yağmur suyunun depolanarak kullanılması alternatif bir su kaynağı yaratması açısından son derece önemlidir. Dolayısıyla suyun depolandığı hacimler, yani sarnıçlar bu alternatif kullanımın esas nüvesini oluşturmaktadır.

Sarnıç...

Farsça kökenli bir kelime olan sarnıç, yağmur suyu ve kanallar ile taşınan suyu biriktirmeye yarar kagir yeraltı deposu olarak tanımlanmaktadır.2 Tarih boyunca yağmur suyu biriktirmek ve depolamak amacıyla özellikle yeraltında kurgulanan bir yapı olan sarnıç, teknolojinin gelişmesi ve her yapıya suyun ulaşabilmesi sonucu tarihsel önemini yitirmiş bir yapı tipolojisidir. Yerebatan sarnıcı, Binbirdirek sarnıcı, Şerefiye sarnıcı ülkemizdeki tarihsel değere sahip örnekler olarak tarihteki yerlerini almışlardır. Buna karşın, sarnıçların yeniden kullanılabilir bir yapı tipolojisi haline gelmesini sağlayan unsur ise ekolojik yaklaşımlar olmuştur. Sarnıçların tarihsel gelişim sürecinde farklılaşmasına öncü olan en önemli değişim, suyun yapı içerisinde kullanım kriterlerinin değişmesi olmuştur. Yapı içerisinde suyun niteliğine göre gerçekleşen bu ayrıma göre su içme ve kullanma suyu olarak ikiye ayrılmaktadır. İçme suyu kullanımının farklılaşarak yapıya ulaşması, sarnıçların kullanım suyu için bir hacim yaratmasına neden olmuştur. Özellikle yağmur suyunun çatı yüzeyleri ve olukları kullanılarak depolanma mantığı, sarnıç olgusunun yeniden tariflenmesini sağlamıştır. Özellikle kamu yapılarında atık su ve yağmur suyunun yeniden kullanılması doğrultusunda öne çıkmaya başlayan ve neredeyse zorunlu olarak uygulanmaya başlayan bu yapı tipolojisi mimari olarak değersiz, ana yapı ve onun mimarisi ile ilişki kurmayan, yapıdan bağımsız, çoğunlukla yer altında konumlanan, tasarımdan yoksun bir hale dönmüştür. Bu noktada sarnıçların üretilmesinin de mimarlığın bir konusu olduğu

düşünülürse, bu yapıların mimari kompozisyon içerisinde yapı tektoniğinin bir parçası olarak ele alınması kaçınılmaz olacaktır.

Ekolojik değerlerin gelişmesi sonucunda meydana gelen bu değişim doğrultusunda ele alınan sarnıç olgusu, ülkemizde birkaç örnek dışında sadece kamu yapıları için kullanılmaktadır. Oysaki tüm yerleşimlerin ağırlıklı olarak sivil yapılardan oluştuğu düşünüldüğünde, sarnıç olgusunun konut yapılarında da ele alınması gerekmektedir.

Konut yapılarında ele alınması gereken sarnıç olgusunun hacimsel boyutunun yapı tektoniği ile beraber düşünülmesi, özellikle kent merkezlerinde bulunan sıkışık dokulu yapılanma içerisinde farklı çözümler getirmeyi zorunlu hale getirmiştir. Kent merkezindeki parsellerin değerli olması, çok fazla açık alan tanımlayamaması, bahçe vb açık alanların boyutlarının imar durumlarında verilen çekme mesafelerinden dolayı dar olması gibi nedenler, sarnıç yapılarının açık alanda konumlanmasının önüne geçmekte, dolayısıyla uygulanması tercih edilmemektedir.

Çatı...

Günümüzde ekolojik yaklaşımların bir tasarım girdisi olarak ele alınmasıyla birlikte çatılar; yeşil teraslar olarak bitkilendirme alanları ve ortak kullanım mekanlarına dönüşmektedir. Bu düşünce, Le Corbusier'in beş ilkesinden biri olan '*çatı bahçesi*' önermesi ve dolayısıyla da çatının beşinci cephe gibi ele alınması yaklaşımına temelendirilebilir. Modernizmin beş temel ilkesinden biri olarak kabul edilen bu önerme, bir bitiş elemanı olarak çatı yüzeyinin tasarlanan ve işlevlendirilen bir mekansal değerini ortaya koymaktadır.³ Dolayısıyla çatı, bir bitiş elemanı olarak değil tasarımın bir parçası olarak ele alınmaktadır. Tasarımsal bir bütünlük içerisinde ele alınan çatı olgusunun yapıya kazandırdığı artı değer; mevcut yapıların dönüşümlerine de olumlu katkılar sağlayabileceği gözden kaçırılmamalıdır. Ekolojik kriterler doğrultusunda yeniden ele alınabilecek ve değerlendirilebilecek bir potansiyeli barındıran çatı, mevcut binaların dönüşümü konusunda önemli ipuçları barındırmaktadır.⁴

Çatı sarnıcı...

Bu noktada, öneri çatı sarnıcı fikri mimari bir arketip olarak değerlendirilmeli ve geliştirilme potansiyelleri ele alınmalı ve kullanımı çeşitlendirilmelidir. Öneri bir tasarım olarak çatı sarnıcı, özellikle kent merkezindeki yoğun yapılaşmanın getirdiği sorunlara bir çözüm yolu sunmayı hedeflemektedir. Bu sorunu çözerken oluşan hacimle birlikte ürettiği mekansal alanlar, yapıların kullanabileceği yeni donatılar olarak ön plana çıkmakta; atıl kullanılmayan ve kullanılması düşünülmeyen alanlar dönüştürülmüş olmaktadır. Ortaya konan bu dönüşüm aynı zamanda ekolojik bir yapı üretme düşüncesine de katkı sağlamaktadır.

Bu doğrultuda, ele alınan çatı sarnıcı önerisi için İzmir Alsancak'ta bir konut dokusu seçilmiştir. (Şekil 1) Mevcut dokunun düz çatı ve kırma çatılı formları yeniden ele alınmış; çatı bitişlerinde yer alan tesisat katları çatı sarnıcının deposunu taşıyacak şekilde düşünülmüştür. Klasik kırma çatılarında suyu bir an önce aşağıya iletmek amacı ile kurgulanan yönelim, tam tersi olacak şekilde değiştirilmiş, bu sayede suyu toparlayan bir hazne ve bu hazne ile çatı döşemesi arasında kalan mekansal kullanım alanları elde edilmiştir. (Şekil 2) Çatı sarnıcının kente ve kentliye olan katkıları şu şekilde sıralanabilir.

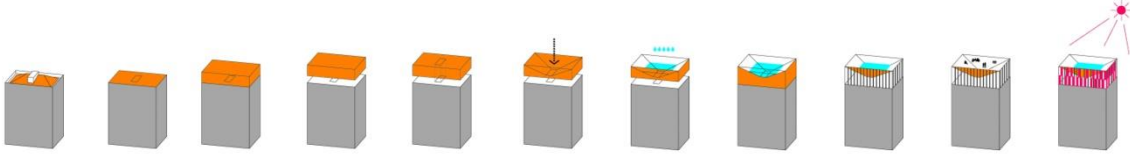
- Kente yeni bir silüet ve kimlik kazandırması (Şekil 3)
- Kent merkezlerindeki yoğun konut dokusuna yeni yapısal yoğunluk eklemeyerek bir çözüm üretme potansiyeli içermesi
- Sarnıç konusunun tasarım elemanı olarak ele alınma zorunluluğunu ön plana çıkartarak kentsel obje olarak değerlendirmesi
- Yoğun kent dokusunun bir parçası olan apartmanların mevcut tesisat altyapısını revize ederek dönüştürebilmesi ve ekolojik döngüye dahil edebilmesi
- Sarnıcın tesisat bacaları ile kurduğu düşey ilişki ile yağmur suyunun tüm yapıda rahat kullanımının sağlanması
- Mevcut çatı tipolojisine alternatif bir tipolojik çeşitlilik üretebilme potansiyeli taşıması
- Yeni mekansal düzenlemelere olanak sağlaması
- Çatıya yeni işlevler kazandırması (depolama)
- Kazandırdığı işlevlerin mevsimsel dönüşümle çeşitlenebilmesi ile esnek mekan kullanımı önermesi (amfi) (Şekil 4-5-6-7)
- Çatılar için en büyük problemlerden birisi olan yalıtımı doğal olarak sağlaması
- Üzerinde yer aldığı yapıyı gölgeleyerek, serinletmesi
- Apartman yapılarının tektoniğine yapabileceği olumlu katkı (Şekil 8-9-10-11)
- Apartman yapılarında yer almayan fakat mekansal gereksinim olarak ön plana çıkan toplanma, sohbet, sosyalleşme gibi etkinlikler için yeni mekanlar, rekreatif alanlar sağlaması (Şekil 12)
- Genelde sürekli bir kat tekrarı ile oluşan apartman tipolojilerine bir bitiş kazandırabilme olanağı sunması

Sonuçlar, öneriler...

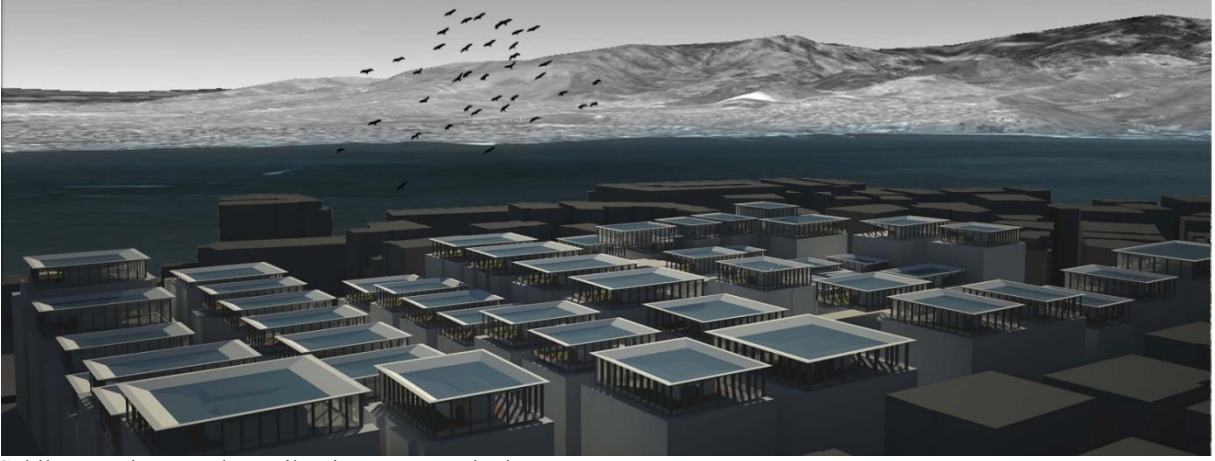
Sürdürülebilirlik ve ekolojik yaklaşımların bu kadar önemsendiği bir çağda yağmur suyunun doğru bir şekilde depolanması ve kullanılması sağlanmalıdır. Bunu sağlarken tasarım gözardı edilmemeli ve etkin olarak kullanılmalıdır. Çatılar sadece yapıyı sınırlandıran ve dış etkenlerden koruyan bir örtü olarak ele alınmamalı; sadece malzeme farklılıkları ile konvansiyonel çatı sistemlerinin revize edilmesi düşünülmemelidir. Çatıların hem işlevsel hem de tasarımsal bir öge olarak ele alınması yenilikçi çatı kavramına getirilebilecek en önemli katkıdır.



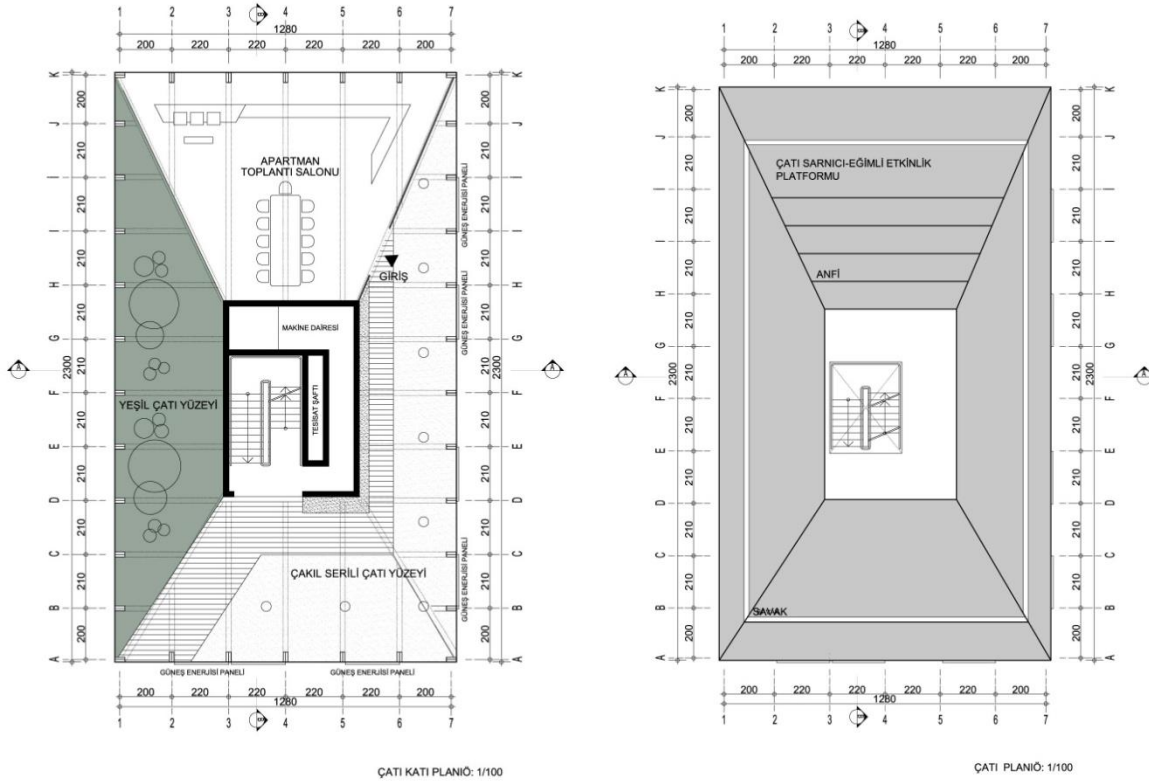
Şekil 1. Çatı sarnıcı pilot bölge vaziyet planı (Alsancak).



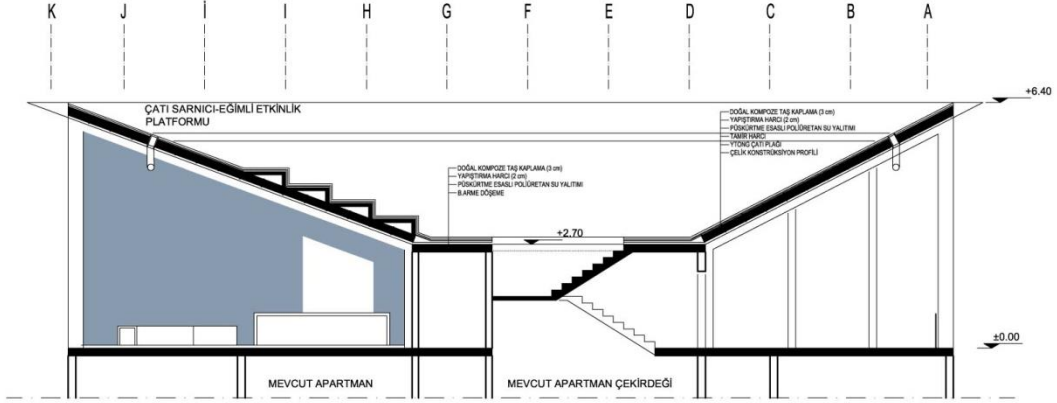
Şekil 2. Çatı sarnıcı biçimsel oluşum



Şekil 3. Yeni çatı ve kent silüetine yapacağı katkı.

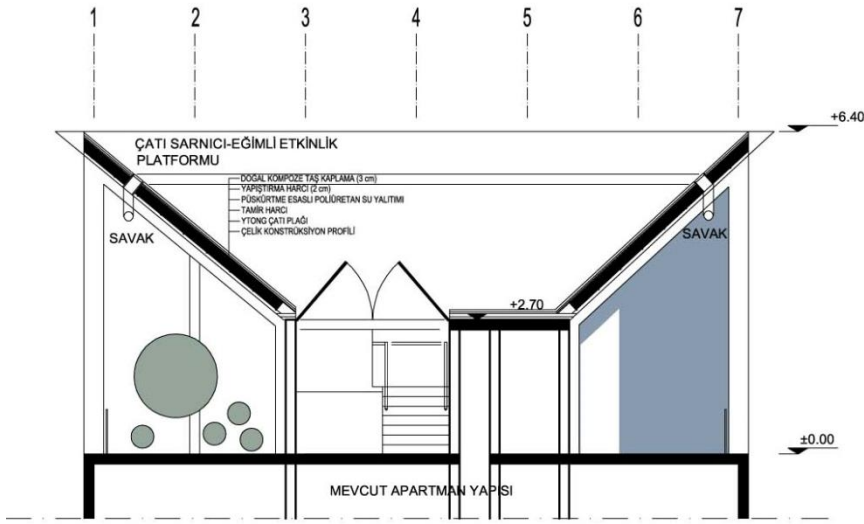


Şekil 4. Çatı sarnıcı kapalı ve açık mekansal kullanım planları.



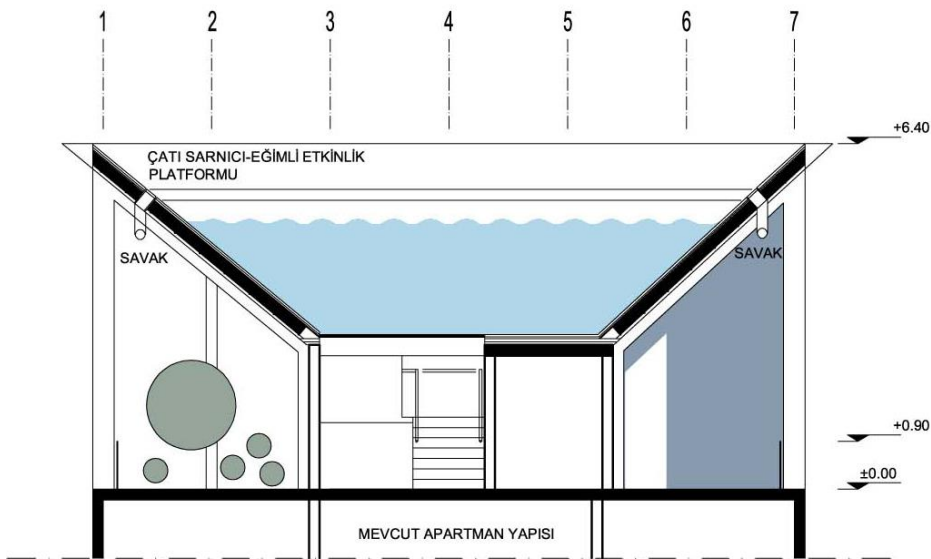
B-B KESİTİ Ö: 1/100

Şekil 5. B-B Kesiti



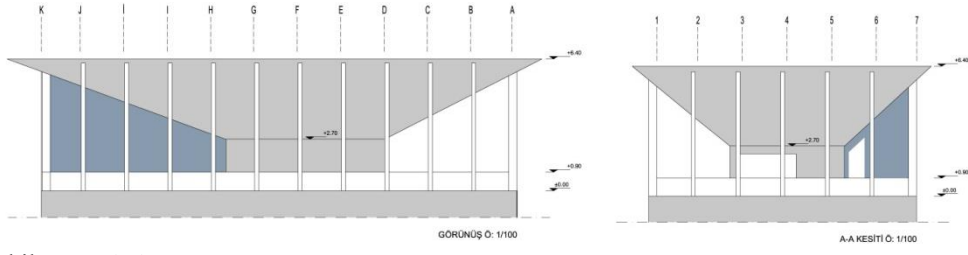
A-A KESİTİ Ö: 1/100

Şekil 6. A-A Kesiti (Boş)



A-A KESİTİ Ö: 1/100

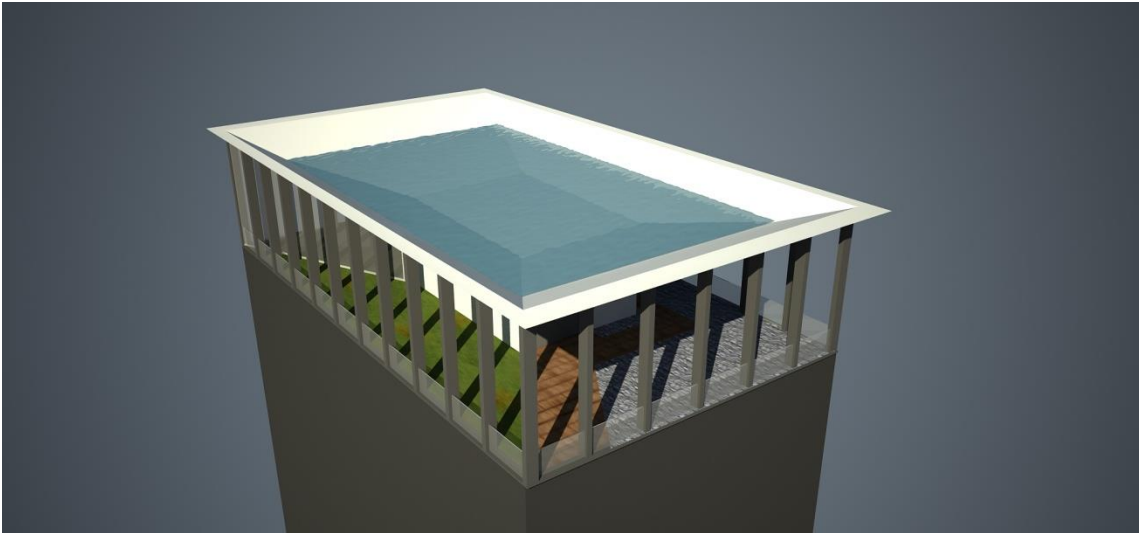
Şekil 7. A-A Kesiti (Dolu)



Şekil 8. Cepheler



Şekil 9. Genel görünüş



Şekil 10. Genel görünüş



Şekil 11. Genel görünüş



Şekil 12. Çatı bahçesi - mekansal kullanım

*Bu tasarım 2011 yılında gerçekleştirilen “Ytong Çatılar ve Sürdürülebilirlik Ulusal Mimari Kavramsal Tasarım Yarışmasında” **Satınalma** derecesi ile ödüllendirilmiştir.

Kaynaklar

¹ Şahin İ. Manioğlu G. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanımı, Eylül-Ekim 2011, Tesisat Mühendisliği, 125, s. 21-32

² Hasol D. 2002, Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM, İstanbul

³ Roth L. M. 2000, Mimarlığın Öyküsü, Kabalcı, İstanbul

⁴ Erkul E. Sönmez A. 2014, Yeşil Çatı Sistemleri ve Çevresel Etkileri, Mimarlık, 375, s.52-57

Spor Yapılarında Sürdürülebilir Çatı ve Cephe

Ahmet Vefa Orhon¹
Müjde Altın²

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Geniş anlamıyla ‘spor yapıları’, spor faaliyetlerinin yapılması için inşa edilmiş yapılardır. Takım sporları (futbol, basketbol, beysbol, buz hokeyi vb.), atletizm, jimnastik, bisiklet, buz sporları, yüzme vb. spor müsabakaların yapılabilmesi için gerekli spor mekânlarını (saha, parkur vb.) bunların izlenebilmesi ve yapılabilmesi için gerekli mekân düzenlemeleri ile birlikte sunan, kalıcı, yarı açık veya kapalı yapılar (stadyum, spor salonu, arena, velodrom, kapalı yüzme havuzu vb.) bu başlık altında toplanmaktadır.

Dünyada özellikle 1990 sonrasında küreselleşen dünya ekonomisinin sonucu olarak futbol başta olmak üzere spora daha geniş bütçeler ayrılırken stadyumlar başta olmak spor yapıları da dönüşmeye başlamıştır. Günümüzde giderek artan küresel çevre sorunlarına çözüm olarak “sürdürülebilir mimarlık” yaklaşımının mimarlığın tüm alanlarında destek görmeye başlamasıyla birlikte spor yapıları için de “sürdürülebilirlik” kavramı önem kazanmaya başlamıştır. Özellikle son on yılda “sürdürülebilir”, “çevre dostu”, “enerji etkin”, “ekolojik”, “yeşil” vb. pek çok sıfatla anılan spor yapıları inşa edilmiştir. Bu çalışmada “sürdürülebilir spor yapıları” olarak tanımlanan bu yapıların 2000 yılı sonrasındaki dikkate değer örnekleri Türkiye’den bir örnekle birlikte, çatı ve cephe sistemlerinin çevresel açıdan sürdürülebilir özellikleri açısından kronolojik olarak ele alınmıştır. Ele alınan yapılarda çatı ve cephe kullanımları için ‘sürdürülebilirlik nitelikleri’ ana hatlarıyla belirlenerek ele alınan yapılara referansla irdelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Spor Yapıları, Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri, Sürdürülebilir Yapı Kabuğu

¹ Ahmet Vefa Orhon, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, (232) 3018449, (232) 4532986, vefa.orhon@deu.edu.tr

² Müjde Altın, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, (232) 3018448, (232) 4532986, mujde.altin@deu.edu.tr

1. Giriş

Geniş anlamıyla ‘spor yapıları’, spor faaliyetlerinin yapılması için inşa edilmiş yapılardır. Takım sporları (futbol, basketbol, beysbol, buz hokeyi vb.), atletizm, jimnastik, bisiklet, buz sporları, yüzme vb. pek çok spor dalındaki müsabakaların yapılabilmesi için gerekli spor mekânlarını (saha, parkur vb.) bunların izlenebilmesi için gerekli mekân düzenlemeleri ile birlikte sunan, kalıcı, yarı açık veya kapalı yapılar (stadyum, spor salonu, arena, velodrom, kapalı yüzme havuzu vb.) bu başlık altında toplanmaktadır. Dünyada özellikle 1990 sonrasında küreselleşen dünya ekonomisinin sonucu olarak futbol başta olmak üzere spora daha geniş bütçeler ayrılırken stadyumlar başta olmak spor yapıları da dönüşmeye başlamıştır. Günümüzde küresel spor organizasyonlarının önemi ve yaygınlığı artarken, sporun profesyonelleşmesine – ve hatta ticarileşmesine – bağlı olarak spor yapıları da giderek çeşitlenmekte ve prestij yapıları haline gelmektedir. Giderek artan küresel çevre sorunlarına çözüm olarak “sürdürülebilir mimarlık” yaklaşımının mimarlığın tüm alanlarında destek görmeye başlamasıyla birlikte, spor yapıları için de “sürdürülebilirlik” kavramı önem kazanmaya başlamış, özellikle son on yılda “çevre dostu”, “enerji etkin”, “ekolojik”, “yeşil” vb. pek çok sıfatla anılan sürdürülebilir spor yapıları inşa edilmiştir.

Günümüzde, spor organizasyonları da sürdürülebilirliğin yaygınlaştırılmasına faal olarak hizmet etmektedir. Örneğin, FIFA (Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği) dünya kupaları başta olmak üzere düzenlediği küresel futbol organizasyonları için 2005 yılında bir sürdürülebilirlik programı olan “Yeşil Gol” girişimini başlatmış ve modern stadyumlarda sürdürülebilirlik için bir dizi kapsamlı hedef belirlemiştir [1]. Programının anahtar hedefleri arasında su tüketiminin azaltılması, enerjinin daha verimli kullanılması, iyi bir atık yönetimi ve stadyumun inşası sürecinde malzemelerin nakliyesinde ve stadyuma geliş gidişlerde karbon ayak izinin azaltılması vardır [2]. Bu hedeflerin önemli bir kısmı çalışmada değinilen spor yapılarının tasarımında da dikkate alınmıştır.

Sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları olan bir olgudur. Bu boyutlar çoğu durumda birbirlerini bütünler. Örneğin: bir spor yapısında cephede fotokatalitik malzeme kullanılması cepheye gün ışığında UV ışıkla kendini ve havayı temizleme özelliği sağlaması nedeniyle çevresel açıdan, dolayısıyla cephe temizliği maliyetinin ortadan kalkması nedeniyle ekonomik açıdan, cephe temizliği sırasında olabilecek yaralanma ve ölüm riskinin ortadan kalkması nedeniyle de sosyal açıdan sürdürülebilir bir niteliktir. Bu çalışmada, spor yapılarının çatı ve cephelerinin çevresel açıdan sürdürülebilirlik nitelikleri ana hatlarıyla irdelenecektir. Yukarıda değinilen, ‘spor yapılarının prestij yapıları haline gelmesi’ olgusu sürdürülebilir mimarlık yaklaşımının vazgeçilmez hale gelişiyle birlikte özellikle 2000 yılı sonrasında belirgin hale gelerek önemli mimari örnekler vermiştir. Bu nedenle, çalışmada son on yılda yapılan örneklere yer verilecektir.

Türkiye günümüze kadar Üniversite Yaz Oyunları (İzmir, 2005) ve Üniversite Kış Oyunları (Erzurum, 2011) dışında küresel spor organizasyonu düzenleyememiş; İstanbul, 2000 oyunları ile başlayarak yaz olimpiyat oyunlarına 5 kere aday olmasına rağmen seçilememiştir. Spor yapılarının inşasını ticari, kültürel ve ekonomik olarak teşvik eden önemli küresel spor organizasyonlarına ev sahipliği yapamamamız Türkiye’de sürdürülebilirlik nitelikleriyle öne çıkan spor yapılarının yapımını güçleştirmektedir. Günümüz itibarıyla Türkiye’de inşaatı devam eden önemli spor yapıları şunlardır: Vodafone Arena (İstanbul), Timsah Arena (Bursa), Başakşehir Stadı (İstanbul), Akyazı Stadı (Trabzon), Malatya Arena (Malatya), Konya Şehir Stadı (Konya) [3]. Çalışmada Türkiye örneği olarak, mevcut ve inşaatı devam eden spor yapıları arasından ele alınan sürdürülebilirlik niteliklerine uygunluğu nedeniyle Vodafone Arena seçilmiştir.

2. Spor Yapılarında Sürdürülebilir Çatı ve Cepheler

Günümüzde dünyanın dört bir tarafında, mimari açıdan “sürdürülebilir” olarak tariflenen, bitmiş veya yapımı devam eden pek çok spor yapısı vardır. Genel bir kabulle “sürdürülebilir spor yapıları” olarak

tanımlanabilecek bu yapıların çatı ve cephe sistemlerinin 'sürdürülebilirlik' nitelikleri açısından dikkate değer örneklerine, kronolojik sırada aşağıda değinilecektir.

2.1. Allianz-Arena (Münih, Almanya, 2005, Herzog & de Meuron) 71,137 kapasiteli bir futbol stadyumudur (**Şekil 1.a**). Dünyadaki en büyük membran kabağa sahip olan yapının [4] cephesinde ve çatısında 2.874 adet baklava biçimli, pnömatrik ETFE (Etilentetrafloroetilen) panel kullanılmıştır (**Şekil 1.b**). Pnömatrik ETFE paneller 350 g/m² ağırlığa sahip, UV geçirgenliği %95, görünür ışık geçirgenliği %93 olan 0.2 mm kalınlığında ETFE folyodan yapılmıştır. Yapının tasarımında doğal çimler için gerekli güneş ışığının sağlanması önemli bir ölçüt olmuştur. Münih'in yüksek enlemlerde yer alması nedeniyle güneş ışınları eğimli gelir. Bu nedenle seyircileri dış etkilerden korurken günışığını etkin kullanmak üzere çatıda ve cephede ETFE kullanımı tercih edilmiştir [5]. Yapının güney kısımlarında çimlerin gelişmesi için UV ışık geçirgenliği %98 olan şeffaf ETFE kullanılmıştır. Maç sırasında seyircileri güneşten korumak üzere, çatıda gömülü ileri geri sürülebilir makaralı güneşlikler vardır. ETFE paneller ev sahibi takıma göre beyaz, kırmızı ve mavi aydınlatılabilmektedir [4].



(a) (b)
Şekil 1: Allianz-Arena. (a) Kuşbakışı görünüm (<http://commons.wikimedia.org>) (b) Kırmızı aydınlatılmış ETFE cephe (<http://buildingskins.wordpress.com>)

2.2. Pekin Ulusal Yüzme Merkezi (Pekin, Çin, 2007) 2008 Yaz Olimpiyat Oyunları için inşa edilmiş yüzme sporları kompleksidir. Daha çok "Su Küpü" adıyla bilinen yapının, çatısında ve cephesinde 100,000 m² yüzey örten pnömatrik ETFE yastıklar kullanılmıştır. Yüzme havuzları ısıtma gereksinimi yüksek binalardır. Yapının havalandırılmış boşluklu ETFE kabağı, üzerine düşen güneş ışığını %90 geçirerek iç mekânların ve havuzların ısıtılmasını kolaylaştırmakta dolayısıyla yapının ısıtma giderlerini düşürmektedir. Rüzgâr yüklerine karşı dayanım ve yalıtım sağlamak üzere düşük basınçlı hava ile şişirilen pnömatrik ETFE yastıklar, hafif bir çelik strüktür tarafından desteklenen alüminyum çerçeveler içine gerilmiştir. İç ve dış ETFE yastık cidarları arasında kalan havalandırılmış boşluğun çalışma ilkesi **Şekil 2.a** da gösterilmiştir [6]. ETFE yastıkların cepheden görünümü (**Şekil 2.b**) yan yana gelmiş sabun köpüklerinin doğal geometrisini esas alan bir yaklaşımla tasarlanmıştır.

Sürdürülebilir spor yapılarında ETFE malzeme kullanımı diğer örnekleriyle birlikte sonuç bölümünde irdelenmiştir.

2.3. Richmond Olympic Oval (Richmond, Kanada, 2008, Cannon Design) yapısı 2010 Kış Oyunları için inşa edilmiş çok maksatlı spor salonudur. LEED Silver sertifikalı yapının 25,900 m² alan kaplayan ahşap çatısı ekolojik malzeme ile inşa edilmiştir. Çatıda Kuzey Amerika ormanlarını tahrip eden 'dağ çamı böceği' salgını nedeniyle bölge ormanlarından ıskartaya çıkarılarak kesilen Douglas çamı ağaçları kullanılmıştır (**Şekil 3.a**). Yapıda bu ahşabın kullanılması, yöresel ekonominin böcek salgınından ötürü uğradığı ekonomik zararın azaltılmasında faydalı olmuştur [7]. Çatının tasarımı



Şekil 4: Kaohsiung Dragon Stadyumu [8] (a) Kuşbakışı görünüm (b) Çatıya konmuş BEFV modüller.

2.5. Aviva Stadyumu (Dublin, İrlanda, 2010) futbol ve rugby müsabakalarının yapıldığı, BS8901 sürdürülebilirlik sertifikasıyla belgeli, yaklaşık 50,000 kapasiteli bir stadyumdur (Şekil 5) [10]. Günışığını iç mekâna ve sahaya kesintisiz almak üzere çatı ve cephede şeffaf, polikarbonat kaplama kullanılmıştır. Yapı çatısının dalgalı ve şeffaf tasarımı yapıya komşu konut ve ticaret binalarının da gün ışığından maksimum faydalanmasını sağlamaktadır. Çatı aynı zamanda saha sulamasında ve tuvaletlerde kullanılmak üzere yağmur suyunu – 7 günlük sulama suyu gereksinimin karşılayabilen – 320,000 litrelik su depolama sisteminde toplamaktadır. Stadyum binasında betonda Portland çimentosu yerine öğütülmüş yüksek fırın cürufu kullanılarak yapının üretim sürecinde CO₂ salınımı 4000 ton azaltılmıştır [10].



Şekil 5: Aviva Stadyumu / Polikarbonat kaplama, şeffaf çatı ve cephe (<http://commons.wikimedia.org>)

2.6. Marlins Park Beysbol Stadyumu (Miami, A.B.D., 2012, Populous) LEED Gold sertifikalı bir beysbol stadyumudur. Yapı, enerji etkin yapı kabuğu – ve mekanik, elektrik, ısıtma ve soğutma sistemleri – nedeniyle benzer yapılara göre %22 daha az enerji harcamaktadır [11] (Şekil 6.a). Bölgenin güçlü fırtınalarına karşı koymak üzere tasarlanan yapının 8000 ton ağırlığındaki hareketli çatısı, 'rejeneratif motor sistemi' (frenleme, durdurma vb. durumlarda elektrik harcamak yerine sistem yükünü kullanarak elektrik üreten ve güç kaynağını besleyen motor) ile işletilmektedir; enerji tüketimini oldukça azaltan bu sistem nedeniyle çatının açılıp kapanması için gerekli elektrik maliyeti 10 dolardan azdır [11] (Şekil 6.b). Çatı strüktürünün hareketli kısmının yüzey alanı 31,400 m² dir. Yapıya bol doğal aydınlatma sağlamak ve şehir manzarasını sunmak üzere yapı cephesinde geniş pencereler ve sürme cam paneller kullanılmıştır.



(a) (b)
Şekil 6: Marlins Park Beysbol Stadyumu (<http://www.rancomfl.com>) (a) Kuşbakışı görünüm (b) Hareketli çatının taşıyıcı ayakları.

2.7. Brasilia Stadyumu (Brasilia, Brezilya, 2013, Castro Mello), dünyanın LEED Platinum sertifikasına aday ilk stadyumudur – inceleme süreci devam ediyor (Şekil 7). Yapı çatısının en önemli özelliği titanyum dioksit (TiO_2) kaplamalı fotokatalitik membrandır. Fotokatalitik membran yağmurla ‘kendini temizleme’ özelliği dışında hava kirliliğini oluşturan nitrojen oksitleri nötralize ederek ‘havayı temizleme’ özelliği de göstermektedir [12]. Yağmur suyunu da toplayan yapının cephesi, dolaşım alanlarına ve stadyum içersine hava dolaşımı sağlamak üzere bol açıklıklı tasarlanmıştır. Yerine yapıldığı 1974 tarihli eskisi stadyumdan çıkan malzemeler geri dönüştürülerek yapıda kullanılmıştır. Çatıda FV sistem kullanımı da tasarlanmıştır. Yapının dairesel çatısının dış kenarında 6.7 m. genişliğinde, halka biçimli bir betonarme döşeme yer almaktadır. Fotokatalitik membran için basınç halkası görevi gören bu betonarme döşeme üzerinde 9120 adet FV panel yer alacaktır. Temmuz 2014’te işletmeye alınması planlanan FV sistemin, 15 000 m² alana yerleştirilecek polikristal silikon FV modüller ile 3,000 MWh / yıl kapasiteye kadar çıkabileceği hesaplanmıştır [13].



Şekil 7: Brasilia Stadyumu [3]

2.8. Vodafone Arena (İstanbul, Türkiye, DB Architects) inşaatı devam eden – 2014 sonunda bitirilmesi planlanıyor – bir futbol stadyumudur (Şekil 8). Türkiye’nin ilk yeşil stadı olarak sunulan yapının çatısı, tribünlerin tamamını örtmek üzere PTFE kaplı, kablo sistemle tasarlanmıştır. Yapıda hafif çatı strüktürü dışında 500 kW/gün kapasiteli FV sistem ile elektrik üretimi, yağmur suyunun toplama, yeşil bina sertifikalı yapı ürünleri kullanımı gibi çevresel sürdürülebilirlik nitelikleri planlanmıştır [14].



Şekil 8: Vodafone Arena (Bitmiş hali temsili Resim) [14]

3. Sonuç

Çalışmada ele alınan yapılarda çatı ve cephelerin sürdürülebilirlik açısından öne çıkan başlıca nitelikleri şunlardır:

- 1) Çatıda yağmur suyu toplama
- 2) Ekolojik malzeme kullanımı
- 3) Hafif, enerji etkin çatı/cephe strüktürü
- 4) FV (fotovoltaik) sistem kullanımı
- 5) Etkin gün ışığı kullanımı
- 6) Enerji etkin hareketli çatı
- 7) Kendini/havayı temizleme

Ele alınan yapıların ‘sürdürülebilirlik nitelikleri’ açısından değerlendirilmesi **Tablo 1**’de yapılmıştır. Görüldüğü gibi “hafif, enerji etkin çatı/cephe strüktürü” ve “etkin gün ışığı” kullanımı sürdürülebilir spor yapıları için başat sürdürülebilirlik nitelikleridir.

Tablo 1: Çalışmada ele alınan yapılarda çatı ve cephelerin ‘sürdürülebilirlik nitelikleri’.

Yapı	Bitiş Yılı	Yağmur suyu toplama	Ekolojik malzeme kullanımı	Hafif, enerji etkin çatı/cephe strük.	FV sistem kullanımı	Etkin gün ışığı kullanımı.	Enerji etkin hareketli çatı	Kendini temizleme	Havayı temizleme
Allianz-Arena	2005			x		x		x	
Pekin Ulusal Yüzme Merkezi	2007			x		x		x	
Richmond Olympic Oval	2008	x	x	x		x			
Kaohsiung Dragon Stadyumu	2009		x	x	x	x			
Aviva Stadyumu	2010	x	x	x		x			
Marlins Park Beysbol Stadyumu	2012					x	x		
Brasilia Stadyumu	2013	x	x	x	x	x		x	x
Vodafone Arena	-	x	x	x	x	x			

Dikkat çeken bir diğer nokta, spor yapılarında elektrik üretmek üzere FV sistemlerin kullanımının giderek yaygınlaşmasıdır. Dünyada FV sistem kullanılan spor yapılarının önemli örnekleri gözden geçirilerek **Tablo 2**'de sistem özellikleriyle birlikte, yıllık üretim gücüne göre sıralanarak listelenmiştir. Bu yapıların tamamında FV sistemlerin çatıya entegre edildiği görülmüş, cepheye entegre FV sistemlere rastlanmamıştır. Yapılar spor aktiviteleri için kullanılmadığı zamanlarda ürettiği elektrikle şebekeyi beslemektedir.

Tablo 2: Dünyada FV sistem kullanılan önemli spor yapıları ve sistem özellikleri.

Yapı	Peak Güç (kWh)	Üretim (kWh/yıl)	Çatı Alanı (m ²)	Tas. Ed. (CO ₂ Ton/Yıl)
Kaohsiung Dragon Stad. (Kaohsiung, Tayvan, 2009) [8]	1,003	1,140,000	14,155	660
Stade de Suisse Wankdorf (Bern, İsviçre, 2005) [15]	1,350	1,134,045	12,000	567
Bentegodi Stadyumu (Verona, İtalya, 2009) [16]	1,000	929,000	9,591	500
AFG Arena (St. Gallen, İsviçre, 2008) [15]	202.4	190,250	-	95
Sports Hall Visp (Visp, İsviçre, 2012) [15]	145	130,500	-	65
Easy Credit Stadyumu (Nuremberg, Almanya, 2006)	140	-	1,000	-
AT&T Park (San Francisco, A.B.D., 2000)	120	-	-	-

FV sistemli spor yapıları arasında enerji üretim kapasitesi açısından en büyüğü çalışmada ele alınan Kaohsiung Dragon Stadyumu (Kaohsiung, Tayvan, 2009) ve ikincisi de Stade de Suisse Wankdorf (Bern, İsviçre, 2005) (**Şekil 9.a**) yapılarıdır. Her iki yapı da tasarım kriterlerinde önemli rol oynayan çatıya entegre FV sistemler ile inşa edilmiştir. FV sistemlerin tasarım sürecine aktif olarak dâhil edilmesi giderek yaygınlaşmaya başlamakla birlikte mevcut spor yapılarına – özellikle stadyumlara – sonradan FV sistemler takılması da yaygın bir uygulamadır. Örneğin: 1963 yapım tarihli Bentegodi Stadyumu (Verona, İtalya) 2009 yılında (**Şekil 9.b**), 1928 yapım tarihli Easy Credit Stadyumu (Nuremberg, Almanya) 2006 yılında çatılarına FV sistem takılarak yenilenmiştir. Bentegodi Stadyumu günümüzde FV sistemli spor yapıları arasında enerji üretim kapasitesi açısından üçüncü sıradadır. Çalışmada ele alınan Brasilia Stadyumu, FV sisteminin tamamlanmaması nedeniyle listeye konulmamıştır; üretime geçtiğinde bu yapı listede ilk sıralarda yer alacaktır. Türkiye’de Türk Telekom Arena (İstanbul, 2011) stadyumuna çatıya sonradan FV sistem konulması için çalışma yapılmış ancak sistem günümüze kadar uygulamaya geçmemiştir.



(a)

(b)

Şekil 9: FV çatılı stadyumlar (a) Stade de Suisse Wankdorf [3] (b) Bentegodi Stadyumu [3]

Gün ışığının etkin kullanıldığı, hafif çatı ve cephe yapıları oluşturulmaya izin vermesi nedeniyle günümüzde spor yapılarında ETFE (Etilentetrafloroetilen) malzeme kullanımı yaygınlaşmaktadır. ETFE geniş bir sıcaklık aralığında yüksek kimyasal ve mekanik dirence sahip bir plastik malzemedir. İnce katlar halinde kullanılan malzeme, bu tip plastikler gibi biçimleriyle çalıştırılmak üzere pnömatik (şişirme) zarlar ya da membranlar şeklinde kullanılmaktadır [17]. Normal camların ışık geçirgenliği

%80 kadar ETFE filmlerin ışık geçirgenliği %90'dan fazladır [5]. Işık geçirgenliği, dayanıklılığı, sağlamlığı, yüzeyinin yapışmazlık özelliği nedeniyle yağmurla kendini temizlemesi, UV ışık veya atmosferik kirlilik altında solmaması – dolayısıyla bakım gerektirmemesi - gibi avantajları malzemenin çatı ve cephelerde sürdürülebilir kullanımını sağlamaktadır. Yapı kabuğunda ETFE kullanılan spor yapılarının önemli örnekleri, kullanılan ETFE yüzey alanlarına göre sıralanarak **Tablo 3**'de listelenmiştir.

Tablo 3: Yapı kabuğunda ETFE kullanılan spor yapılarından örnekler. [18] [19]

Yapı	ETFE Yüzey Alanı (m ²)
Pekin Ulusal Yüzme Merkezi/Su Küpü (Pekin, Çin, 2007)	100,000
Allianz-Arena (Münih, Almanya, 2005)	66,500
Dalian Spor Merkezi Stadyumu (Dalian, Çin, 2013)	60,700
Pekin Ulusal Stadyumu/Kuş yuvası (Pekin, Çin, 2008)	38.500
Fisht Olimpiyat Stadyumu (Sochi, Rusya, 2013)	36.620
Itaipava Arena Pernambuco (Recife, Brezilya, 2013)	24.437
Forsyth Barr Stadyumu (Dunedin, Yeni Zelanda, 2011)	20,569
Eden Park Stadyumu (Auckland, Yeni Zelanda, 2010)	9,527
St. Jakob Stadyumu (Basel, İsviçre, 2007)	5,270
Westfalenbad Yüzme Havuzu (Hagen, Almanya, 2009)	440

Yakın zamanlarda yapılan ve yapımı devam eden örneklerde, örneğin: Brasilia Stadyumu, çalışmada belirlenen 'sürdürülebilirlik niteliklerinin' giderek daha fazla bir arada kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Türkiye örneği olarak ele alınan Vodafone Arena yapısında da çalışmada özellikle vurgulanan çatıda ETFE örtü ve FV sistem kullanımı ön plana çıkmaktadır. ETFE ve FV sistem kullanımı hafif, şeffaf, kendini yağmurla temizleyen, bakım gerektirmeyen, uzun ömürlü, enerji üreten, ekonomik geri dönüşü çabuk yapı kabukları üretmeye olanak sağlaması nedeniyle gelecekte spor yapılarının üst örtülerinde daha fazla önem kazanacaktır.

Kaynaklar

- [1] FIFA. "FIFA and the environment", FIFA Resmi Web Sitesi, <http://www.fifa.com/aboutfifa/socialresponsibility/environmental.html>, erişim: 14.01.2014.
- [2] Gürer, T. K. (2013) "Olimpiyatlar Işığında Stadyumlar: Değişen Kurallar ve Yeni Tasarımlar", Mimarlık, 373, 44-48.
- [3] SDB. "Stadiums Database", <http://stadiumdb.com>, erişim: 25.02.2014.
- [4] AA. "Allianz Arena facts: Nuts and Bolts", Allianz Arena Resmi Web Sitesi, <http://allianz-arena.de/en/fakten/detaillierte-zahlen>, erişim: 15.01.2014.
- [5] AGC. "Allianz-Arena", Asahi Glass Company Resmi Web Sitesi, http://www.agc.com/english/products/jirei_arena.html, erişim: 15.01.2014.
- [6] Gonchar, J. (2008). "Inside Beijing's Big Box of Blue Bubbles", Architectural Record, 261(3), 63-69.
- [7] VOC (2010) "Richmond Olympic Oval", Vancouver Organizing Committee, Report.
- [8] Riedel, A. (2010). "Electricity in a snakeskin jacket", pv magazine (06/2010), 98-102.
- [9] BPVA (2013). "Solar Energy for Powering", Bulgarian Photovoltaic Association, Booklet.
- [10] AS. "Design Features & Building Information", Aviva Stadium Resmi Web Sitesi, <http://www.avivastadium.ie/sustainability/design-features>, erişim: 25.10.2013.

- [11] Timberlake, M. (2012). “America's Top 7 Energy-Efficient Baseball Stadiums”, ASE – Alliance to SaveEnergy, Report, 23.10.2013
- [12] Orhon, A.V. (2013). “Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı”, VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu Bildiri Kitabı, Edirne, 297-304.
- [13] Magalhães, F. (2014). “Mané Garrincha iniciará produção de energia solar até julho”, Agência Brasília, Notícias, 09.01.2014.
- [14] Skyscrapercity. “World Forums: Stadiums and Sport Arenas: Under Construction: Istanbul - Vodafone Arena”, <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=654661>, erişim: 14.02.2014.
- [15] TRITEC. “Reference Systems Photovoltaics”, Tritec-Energy Resmi Web Sitesi, <http://www.tritec-energy.com/en/reference-cases>, erişim: 10.01.2014.
- [16] JUWI (2009). “Solar Power Project Stadio Bentegodi, Verona”, Juwi H. AG, Project Data Sheet.
- [17] Orhon, A. V. (2013). “Akıllı Yapı Kabukları”, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, 1481-1487.
- [18] VF. “Sport Projects”, Vector Foiltec Resmi Web Sitesi, <http://www.vector-foiltec.com/en/projects/type/sport.html>, erişim: 12.01.2014.
- [19] SAB (2007). “Building with ETFE polymer”, Southeast Asia Building, Singapur, Nov/Dec 2007, 40-46.

Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri

Ahmet Vefa Orhon¹

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Kendini temizleyen cephe sistemleri, mekanik, malzeme vb. kökenli mekanizmalar vasıtasıyla insan işgücüne gerek kalmaksızın kendini toz ve kirden arındırabilecek şekilde tasarlanmış akıllı cephe sistemleridir. 1990’larda titanyum dioksit (TiO₂) malzemenin fotokatalitik etkisinden yararlanmak üzere yapı bileşenlerinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte “fotokatalitik malzeme” kavramı mimarlık literatürüne girmiştir. “yağmur ve ışıkla kendini temizleme” özelliği ile sunulan fotokatalitik kaplamalar, camlar, membranlar, seramikler, kirlilik yiyici betonlar gibi uygulamalarda kullanılarak “kendini temizleyen” akıllı cephe uygulamalarını başlatmıştır. Günümüzde fotokatalitik etki dışında lotus etkisi, yapışmazlık vb. akıllı malzeme mekanizmalarını kullanan - hidrofilik (su-sever) veya hidrofobik (su-sevmez) özellikli – cephe sistemleri ile birlikte cephede hareketli mekanik şeritlerle kendini aktif olarak temizleyen sistemler de özellikle son yıllarda yaygın biçimde kullanıma girmiştir.

Bu çalışmada kendini temizleyen cephe sistemleri, kullanılan malzeme mekanizmalarına ve yaklaşımlara bağlı olarak sınıflandıktan sonra bu sistemlere genel hatlarıyla ve yapı örnekleriyle değinilmiştir. Kendini temizleyen cephe sistemleri için çalışmada sunulan sınıflandırmanın çıkış noktası ele alınan sistemlere kullanıcı müdahalesidir. Literatürde bulunmayan bu sınıflandırma ilk kez bu çalışmada önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER

Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri, Fotokatalitik Cepheler, Hidrofilik Cephe Kaplamaları, Hidrofobik Cephe Kaplamaları

¹ Ahmet Vefa Orhon, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, (232) 3018449, (232) 4532986, vefa.orhon@deu.edu.tr

1. Giriş

Dünya çapında yılda 150 milyar dolar harcandığı tahmin edilen temizlik hizmetleri içinde yapı cephelerinin temizliğine dönük harcamaların önemli bir pay aldığı düşünülmektedir [1]. Cephe temizliği sırasında oluşan ölüm ve yaralanmalar ise temizlik sektörü içindeki ölüm ve yaralanmaların başlıca kaynağıdır. Örneğin: İngiltere’de pencere temizliği sırasında oluşan kazalarda yılda 20 kişi ölürken, 1500 kişi de yaralanmaktadır [2]. Ekonomik, sosyal ve çevresel önemi nedeniyle, yapı cephelerinin temizliği için gerekli işgücü ve malzeme (su, temizlik malzemesi vb.) kullanımını azaltmak – ve hatta ortadan kaldırmak – üzere kendini temizleyen cephe sistemleri geliştirilmiştir.

Kendini temizleyen (KT) cephe sistemleri, mekanik, malzeme vb. kökenli mekanizmalar vasıtasıyla insan işgücüne gerek kalmaksızın kendini toz ve kirden arındırabilecek şekilde tasarlanmış akıllı cephe sistemleridir. Bu çalışmada KT cephe sistemleri, kullanılan malzeme mekanizmalarına ve yaklaşımlara bağlı olarak sınıflandıktan sonra bu sistemlere genel hatlarıyla ve örnekleriyle değinilecektir. KT cephe sistemleri için çalışmada sunulan sınıflandırmanın çıkış noktası ele alınan sistemlere kullanıcı müdahalesidir. Literatürde bulunmayan bu sınıflandırma ilk kez bu çalışmada önerilmiştir.

2. Kendini Temizleyen Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kendini temizleyen (KT) cephe sistemleri, işlevleri için kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymamalarına göre başlıca iki gruba ayrılabilir:

- 1) Aktif KT cephe sistemleri
- 2) Pasif KT cephe sistemleri

2.1. Aktif KT Cephe Sistemleri

Aktif KT cepheler, yüzey mekanizmalarıyla kendini temizleyen akıllı cephe sistemleridir. Bu cepheler kullanıcı müdahalesine gerek kalmaksızın tasarlandıkları yüzey mekanizmalarına uygun koşullar oluştuğu sürece kendini temizleme işlevlerini ‘aktif’ olarak yerine getirirler. Akıllı malzeme, nano malzeme vb. malzemelerle sağlanan yüzey mekanizmaları sayesinde suyun cepheyi temizlemesi ilkesine dayanırlar. Yüzeğe gelen kirleticilerin/partiküllerin parçalanması/uzaklaştırılması için yüzeyin uygun biçimde su (yağmur, yağış vb.) etkisinde kalması bu cepheler için temel gerekliliktir. Yüzeyle kendini temizleme özelliği başlıca üç yüzey mekanizmasıyla sağlanabilir:

- 1) Süperhidrofobik Yüzey
- 2) Fotokatalitik/Süperhidrofilik Yüzey
- 3) Yapışmaz Yüzey

Bu yüzey mekanizmaları özel durumlarda malzemede doğal olarak bulunabilmekle birlikte günümüzde artık nanoteknoloji ile yüzeyin nano/mikro strüktürüne müdahale edilerek elde edilmektedir. Yüzey kendini temizleme niteliği için suyun etkisine ihtiyaç duyduğundan bu mekanizmalar yüzey ile üzerine düşen su arasındaki ilişkiyi esas alır. Buna göre yüzeyler için hidrofobik (su-sevmez) ve hidrofilik (su-sever) durumu yüzey yatayken üzerine konan su damlası ile yaptığı değme açısına (θ) göre belirlenir. Değme açısı 90 dereceden küçükse sıvı yüzeyi ıslatıyor; 90 dereceden büyükse sıvı yüzeyi ıslatmıyor denir. Su damlası yüzeyde yayılma eğilimi gösteriyorsa buna hidrofilik yüzey; yayılmak yerine küresel bir şekilde duruyorsa hidrofobik yüzey adı verilir [3]. Bazı yüzeyler için değme açısı (θ) **Tablo 1**’de verilmiştir [4].

2.1.1. Süperhidrofobik Yüzeyleli KT Cephe Sistemleri

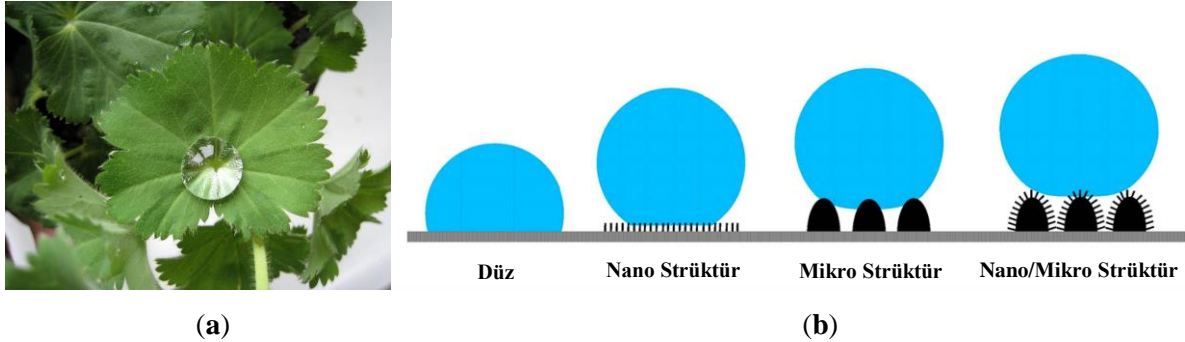
$\theta > 90^\circ$ olan yüzey hidrofobik (su-sevmez) olarak isimlendirilir; özel bir durum olarak $\theta > 150^\circ$ ise yüzey süperhidrofobik adını alır [4]. Süperhidrofobik (yüksek derecede su-sevmez) bir yüzeyin suyla kendini temizleme özelliği ilk kez 1977’de Barthlott ve Ehler tarafından lotus (nilüfer çiçeği)

yaprakları üzerinde elektron mikroskopuyla gözlenerek ‘Lotus Etkisi’ olarak isimlendirilmiştir [5]. Lotus etkisi görülen yüzeylerde, yüzeyin nano/mikro ölçek tepeliklerden oluşan karmaşık yapısı nedeniyle kirleticiler yapışması (adezyon) azalan yüzeye tutunamaz. Aynı mekanizmanın suyun kapiler çekim tutunmasına da engel olması nedeniyle yüzeyde kalan kirleticiler su ile birlikte yüzeyden akarak temizlenir (Şekil 1.a).

Tablo 1: Bazı yüzeyler için değme açıları

Yüzey	Değme Açısı (θ)
Aslanpençesi yaprağı	180°
Lotus yaprağı	150°-170°
Politetrafloroetilen (PTFE) (Teflon)	108-112°
Etilentetrafloroetilen (ETFE)	99°
İnsan derisi	75-90°
Silikon	86-88°
Çelik	70-75°
Cam	<15°

Kelebek, kızböceği gibi böceklere kanatlarını temiz tutmak, bitkilere mantar, alg kaynaklı zararlı etkilerden korunmak, fotosentez yüzeyinin kirlenerek azalmasına engel olmak gibi faydalar sağlayan bu biyolojik mekanizma, 1990’lardan itibaren biyotaklit yoluyla malzeme teknolojisine de uyarlanmıştır. Bu amaçla kullanılan teknolojiler, malzeme yüzeyine pürüz vererek lotus etkisi sağlamak üzere yüzeyin nano ve/veya mikro strüktürünün yeniden düzenlenmesine dönüktür (Şekil 1.b). Yüzeyde pürüzlülük olmadan (düz yüzey) ulaşılabilecek maksimum değme açısı hidrofobik bir yüzey için 120° yi geçemez. Nano ve/veya mikro strüktür düzenlemesiyle sağlanan pürüzlülük, yüzeyle su damlası arasında hava sıkışmasını sağlayıp yüzey etkileşimini azaltarak değme açısını arttırmaktadır.

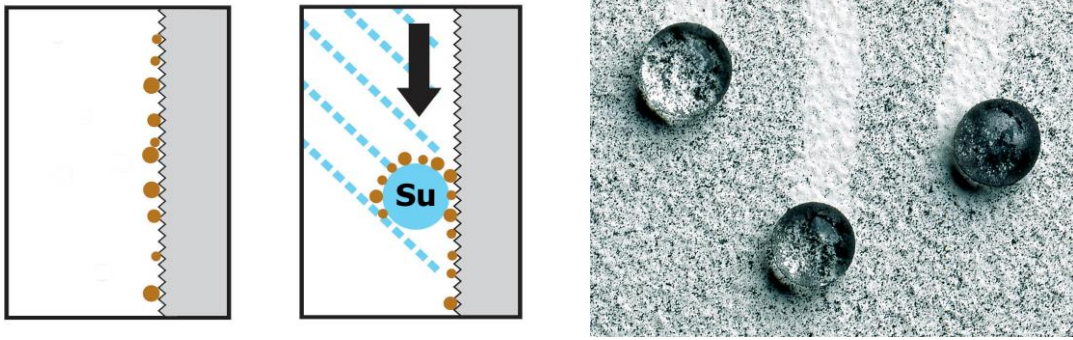


Şekil 1: (a) Aslanpençesi bitkisinin yaprağı üzerinde lotus etkisi (<http://www.flickr.com/photos/edibleoffice/2721279761>) (b) Lotus etkisi sağlamak üzere yüzey strüktürünün düzenleniş olanakları

Lotus etkisini bulan ve isimlendiren araştırmacılardan Barthlott, 1998 yılında ‘süperhidrofobik, mikro/nano strüktürlü kendini temizleme özellikli yüzey uygulaması’ için ‘Lotus-Effect’ adıyla Avrupa’da ticari patent almıştır. Bu ticari patent günümüzde yapı dış cepheleri için kendini temizleyen boya ve sıva olarak iki uygulamayla piyasaya sürülmüştür (Şekil 2). Mekanizma kendini temizlemek için suya ihtiyaç duyması nedeniyle ancak yağmura açık – dış – yüzeylerde kullanılabilir.

Lotus etkisi kullanılan silikon reçine esaslı, mikro-ölçek tanecikler içeren bir dış cephe boyası günümüzde kullanımdadır. Boya kaplandığı yüzeyde dalgalı bir mikro-strüktür oluşturarak lotus etkisi yaratmaktadır; yüzey ile üzerine düşen su damlası arasında 140° temas açısı oluşturarak örttüğü yüzeyi

süperhidrofobik yapar. Kâgir yüzeylere (beton, yığma vb.) fırça, rulo veya havasız spreyle uygulanabilen mat renkli boya, ahşap ve metal yüzeye uygulanamamaktadır [6]. Bu malzemenin kullanıldığı yapıların en bilinenini *Ara Pacis Müzesi* (Roma, İtalya, 2006, Richard Meier) yapısıdır (Şekil 3). Projelerindeki beyaz renk kullanımını âlâmetifarika haline getiren mimar Richard Meier tarafından tasarlanan yapı, Roma döneminden kalma ‘Ara Pacis Augustae’ sunağını korumak ve sergilemek üzere şehrin tarihi merkezinde çelik, traverten ve cam ile inşa edilmiştir. Sergilediği sunak ile yarışmamak ve etkin ışık alımını sağlamak üzere yapının tasarımında sadece beyaz renk kullanılmıştır. Roma şehrinin havasının çok kirli olması nedeniyle cephede beyaz rengi kirlenmekten korumak üzere bu cephe malzemesi seçilmiştir. *Luminart Binası* (Pula, Hırvatistan, 2006, Andrija Rusan) (Şekil 4.a) ve *Strucksbarg Konutları* (Hamburg, Almanya, 2007, Renner Hainke Wirth) (Şekil 4.b) lotus etkili kendini temizleyen dış cephe boyası kullanılan dikkate değer diğer yapılardır [7]. Tasarımcıları tarafından özellikle beyaz olması istenen bu yapıların cepheleri günümüz itibarıyla hâlâ ilave bakım ve temizlik gerektirmeden kullanılmaktadır. Bu boyanın günümüze kadar dünyada 500,000 yapıda kullanıldığı tahmin edilmektedir [1].



Şekil 2: Lotus etkili cephe boyaları ve sıvalar için ‘kendini temizleme’ mekanizması [8]



Şekil 3: Ara Pacis Müzesi (http://www.mimoo.eu/projects/Italy/Rome/Ara_Pacis_Museum)



(a)

(b)

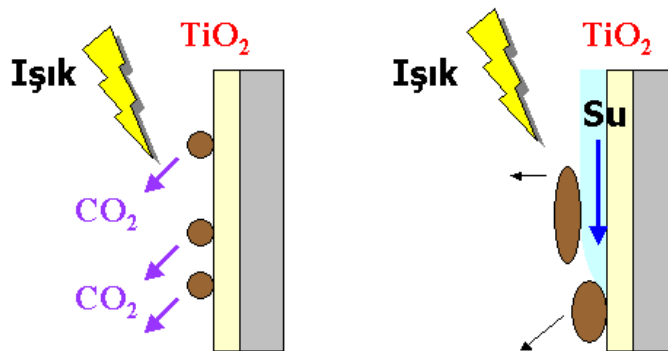
Şekil 4: (a) Luminart Binası [7] (b) Strucksbarg Konutları [7]

Lotus etkisi patentiyle piyasaya sunulmuş silikon katkılı akrilik reçine esaslı bir dış cephe sıvası da vardır. Bu sıva da uygulandığı yüzeyde aynen boya türevi gibi lotus etkisi sağlayarak işlev görmektedir. Ayrıca özellikle tarihi yapıları su ve küf etkisine karşı korumak üzere hidrofobik yüzey kaplaması uygulamaları da bulunmaktadır. Bunlar kâgir yüzeyler üzerine su geçirmezlik sağlamak üzere etanol içinde izobütiltrietoksilan çözeltisi spreyle püskürtülerek uygulanmaktadır [4]. Bu uygulama da yüzeyi hidrofobik hale getirmesi nedeniyle – lotus etkisi kadar güçlü olmasa da – yüzeye kısmen yağmurla kendini temizleme niteliği kazandırmaktadır.

2.1.2. Fotokatalitik/ Süperhidrofilik Yüzeyle KT Cephe Sistemleri

Adezyon (yapışma) değiştiren akıllı malzemeler arasında yer alan fotokatalitik malzemeler kendisine tutunan kirletici maddeleri (parçacık maddeler, uçucu organik bileşikler, azot oksitler vb.) ışık etkisi altında su ve karbondioksit parçalayıcı etki gösterirler [9]. Günümüzde bilinen en iyi fotokatalitik malzeme (fotokatalist) bu özelliği ilk kez 1967’de Tokyo Üniversitesinde Akira Fujishima tarafından fark edilen titanyum dioksit (TiO_2) dir. İlk kez 1972 yılında ‘Honda-Fujishima etkisi’ olarak yayınlanan olgu günümüzde fotokatalitik etki olarak bilinmektedir [10]. Fujishima ve ekibi bu tarihten beri çalışmalarına devam ederek TiO_2 kökenli fotokatalitik teknolojileri ticari kullanıma sunmuşlardır. Işıkla bakteri ve mikropları parçalama özelliğiyle ameliyathane vb. sağlık mekânlarında anti bakteriyel seramik kaplaması olarak kullanıma giren malzeme, günümüzde seramik dışındaki yapı bileşenlerine de (duvar kağıtları, beton parkeler, camlar, cephe panelleri, cephe boya, yapı membranları vb.) ince filmlerle kaplama veya pigment olarak katma yoluyla fotokatalitik özellik kazandırmak üzere kullanılmaktadır [9]. Japonya’nın lider olduğu fotokatalitik kendini temizleme teknolojileri günümüzde yapı uygulamalarında en fazla kullanılan nanoteknolojidir [7].

1995 yılında Fujishima ve ekibi, titanyum dioksit kaplama uygulanmış cam yüzeylerin güneş ışığı etkisinde kaldığında fotokatalitik özelliklerle birlikte süperhidrofilik (aşırı derecede su-severlik) özellik de gösterdiğini buldular. Bu kendini temizleyen cam uygulamalarını başlattı [10]. Önceki kısımda değinilen değme açısı, $\theta < 30^\circ$ olan yüzey hidrofilik (su-sever) olarak isimlendirilir; özel bir durum olarak $\theta < 10^\circ$ ise yüzey süperhidrofilik adını alır [4]. Hidrofilik yüzeylerde su damlacıklar halinde toplanmak yerine yüzeye bir film tabakası gibi yayılır. TiO_2 kaplamalı camlarda ‘kendini temizleme’ özelliği, güneş ışığındaki UV ışık etkisiyle oksijenli ve nemli yüzeyde TiO_2 katalizörlüğünde gerçekleşen fotokataliz sonucunda parçalanmış kirletici partiküllerin yağmur sonrası süperhidrofilik yüzeye yayılan su tabakasıyla etkin biçimde temizlenmesiyle oluşmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5: TiO_2 kaplama yüzeyde UV ışıkla kendini temizleme mekanizması [10]

MSV Arena (Duisburg, Almanya, 2004, Michael Stehle & Patrick Gross) yapısı bir futbol stadyumudur. Yapının cephesinde fotokatalitik güneş kontrol camları kullanılmıştır (Şekil 6.a). Kendini temizleyen TiO_2 katalitik kaplamalar yapı membranlarında da kullanılmaktadır. F1 yarışları için yapılan YAS Marina Pisti (Abu Dabi, B.A.E., 2009, Hermann Tilke) yapısında tribünleri örtmek

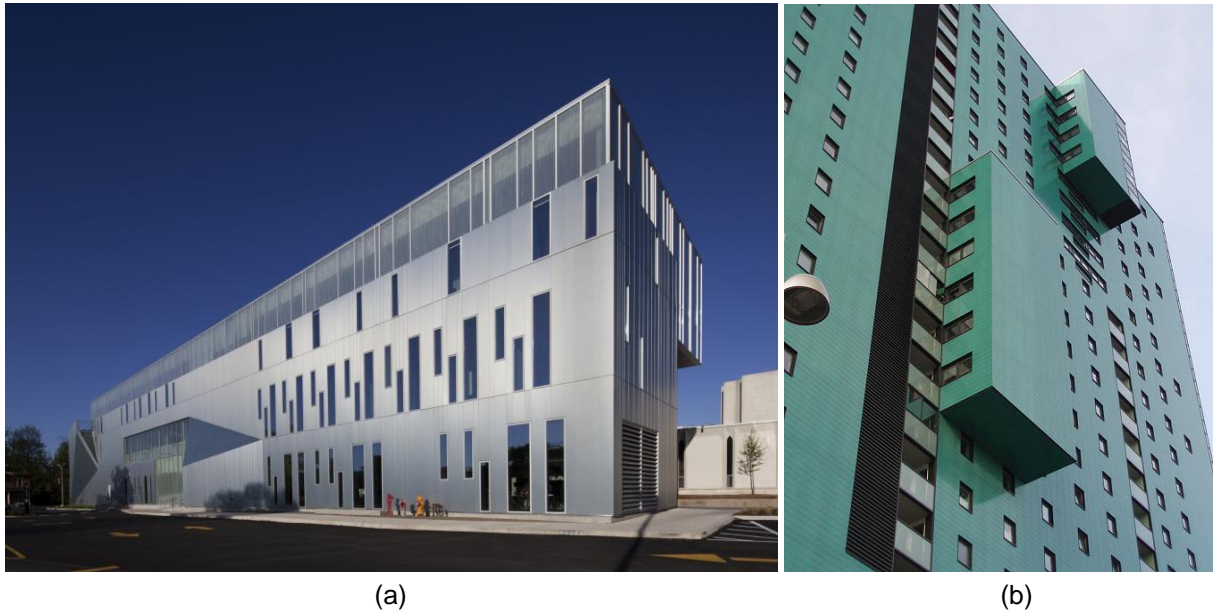
üzere kullanılan fotokatalitik membran yapı cephesini de koruyacak biçimde düzenlenmiştir (Şekil 6.b).



Şekil 6: (a) MSV Arena yapısı / Cephede fotokatalitik güneş kontrol camları

(<http://www.panoramio.com/photo/23916017>) (b) YAS Marina Pisti / Cepheyi koruyan fotokatalitik membran (<http://www.aerialf1.com/asia/uae/yas-marina/>)

Cam, seramik metal vb. yüzeylere TiO_2 kaplama uygulaması için Japonya'da 'HydroTect' adıyla patent alınmıştır. Bu kaplama cephe panellerinin dış yüzeyine uygulandığında karakteristik yağmurla kendini temizleme etkisi dışında havadaki nitrojen oksitleri (NO , NO_2 kısaca NO_x) nötrale ederek havayı temizleme (HT) özelliği de göstermektedir. $1000 m^2$ fotokatalitik cephe kaplamasının hava temizleyici etkisi 70 orta boy ağaç kadardır [11]. TiO_2 kaplamalı cephelerin kullanıldığı yapılara örnek olarak fotokatalitik alüminyum panel cepheli *Bertram ve Judith Kohl Binası* (Ohio, A.B.D., 2010, Westlake Reed Leskosky) (Şekil 7.a) ve fotokatalitik seramik panel cepheli *Monte Verde Tower* (Viyana, Avusturya, 2004, Albert Wimmer) (Şekil 7.b) yapıları verilebilir. Bertram ve Judith Kohl Binası müzik konservatuvarı olarak işlev gören, LEED Gold sertifikalı bir yapıdır. Monte Verde Tower ise bir konut yapısıdır [11].



Şekil 7: (a) Bertram ve Judith Kohl Binası / Fotokatalitik alüminyum cephe

(<http://insitehk.wordpress.com/2012/05/22/alcoas-self-cleaning-buildings>) (b) Monte Verde Tower / Fotokatalitik seramik cephe [11]

TiO₂ kaplamayla fotokatalitik/süperhidrofilik kendini temizleme mekanizması çatı kiremitleri için de uyarlanmıştır. Kendini temizleme özellikli ilk çatı kiremitleri için lotus etkisi kullanılmış olmakla birlikte daha sonra bu yaklaşım terk edilerek fotokatalitik etki tercih edilmiştir [7].

Cephesinde TiO₂ pigment katkılı fotokatalitik çimento kullanılan en ünlü yapı ise *Jübile Kilisesi* (Roma, İtalya, 2003, Richard Meier) yapısıdır (**Şekil 8.a**). Yapının bembeyaz cephelerinde kırılmış beyaz Carrera mermerinin agrega olarak kullanıldığı fotokatalitik çimentolu betonla yapılmış 346 adet küre biçimli prefabrike beton blok kullanılmıştır [12]. *Manuel Gea Gonzalez Hastanesinin* (Meksiko, Meksika, 2013) cephesinde de kendini ve havayı temizleme (KT/HT) özellikli fotokatalitik beton kullanılmıştır (**Şekil 8.b**). Yapının kuazikristal geometri cephesi 2500 m² büyüklüğündedir [13].

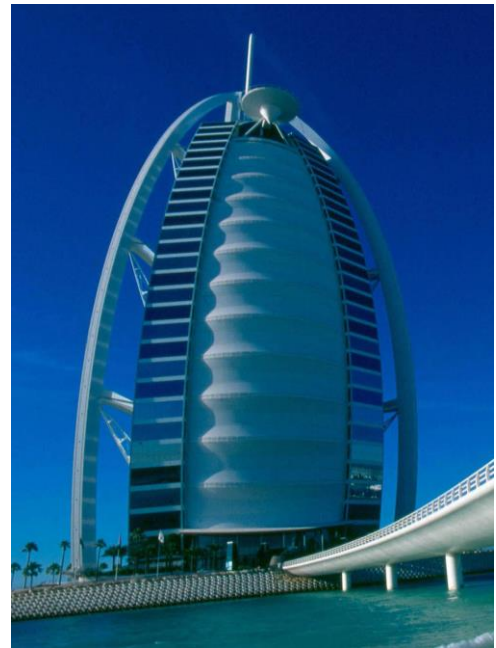


(a) (b)
Şekil 8: (a) Jübile Kilisesi / Fotokatalitik çimentolu prekast beton KT/HT cephe [9]
(b) Manuel Gea Gonzalez Hastanesi / Fotokatalitik beton KT/HT çift cephe [13]

2.1.3. Yapışmaz Yüzeyle KT Cephe Sistemleri

Yapışmaz yüzey, diğer malzemelerin üzerine yapışmasını azaltıcı özellik gösteren malzeme yüzeylerdir. PTFE (Politetrafloroetilen), ETFE (Etilentetrafloroetilen) gibi yapışmaz malzemelerin yüzey kaplaması olarak kullanımı membranlar, cephe panelleri vb. için yaygın biçimde uygulanmaktadır. Bu yüzeyler yağmurla kendini temizleme özelliği göstermekle birlikte uzun dönemde üzerlerinde kir birikebilir.[7].

Burj Al Arab (Dubai, B.A.E., 1999, Tom Wright) yapısında 15,000 m² büyüklüğünde PTFE kaplı cam elyaf kumaş membran kullanılmıştır (**Şekil 9**). Yapının V şekilli kat planının açık tarafını kapatıp yelken görüntüsü veren yarı-saydam membran cephe 200 metre yüksekliğindedir [14]. Aşırı UV ışınlar, radyasyona, büyük sıcaklık değişimlerine, kum fırtınalarına ve ateşe dayanıklı olan membran aynı zamanda yapışmaz kaplaması nedeniyle – şehre yağışın yoğunlaştığı aralık ve mart döneminde – yağışla kendiliğinden temizlenmektedir.



Şekil 9: Burj Al Arab / PTFE kaplı cam elyaf kumaş membran [14]

2.2. Pasif KT Cephe Sistemleri

Pasif KT cepheler, cephenin kullanıcı kontrollü, cepheye bütünleşik otomatik temizleme düzenekleri ile insan işgücü kullanılmaksızın temizlendiği akıllı cephe sistemleridir. Bu cepheler, aktif KT cephelerin aksine kendini temizleme işlevini sadece kullanıcının uygun gördüğü zamanlarda gerçekleştirmeleri nedeniyle ‘pasif’ olarak anılmıştır. Dünyada bu tip bir cephe sistemi ilk kez 2000 yılında bir Avusturya firması tarafından piyasaya sunulmuştur. Bu sistemde sisteme bütünleşik yatay silici şeritler, motor tahrikiyle düşey raylar üzerinde kayarak cepheyi silmektedir. Sistem deterjanın bir karıştırıcı vasıtasıyla otomatik olarak eklendiği kendi su rezervine bağlantılıdır. Sistem çalıştırıldığında su ve deterjan cepheye püskürtülür, sonra siliciler harekete geçerek cepheyi temizler. Temizleme zamanı, püskürtülecek su miktarı, püskürtme süresi, silicilerin hareket sıklığı vb. kullanıcı tarafından belirlenir. Bununla birlikte akıllı binalarda sistemin bina otomasyon sistemine (BOS) bağlanması da mümkündür. Siliciler tek başına maksimum 60 m. yüksekliğe kadar çalışır; bina yüksekliğine bağlı olarak silici sistemler kademeli olarak birbiri üzerine eklenir [15]. Bu gibi sistemler cephede yatay gölgeleme elemanları ile de bütünleştirilebilmektedir. Güneş panellerini temiz tutarak enerji etkinliklerini arttırmak üzere fotovoltaik cephelerde kullanım için de uygundur.

Bu tip cephe sistemlerinin kullanıldığı yapıların en büyüklerinden biri Al Jawhara Tower (Kuveyt Şehri, Kuveyt, 2008) yapısıdır (Şekil 10). 160 m. yüksekliğinde, 32 katlı bu ofis yapısında 2000 adet cephe paneli ile kurulmuş 8000 m² kendini temizleyen akıllı giydirme cephe kullanılmıştır. Cephenin bir temizlik devresi için maliyeti 10 Euro dur, kendi kendine haftada bir toplam 7 saatte temizlenmektedir; cephenin konvansiyonel alternatifine kıyasla getireceği ilave yapım maliyetini 1.9 yılda amorti edeceği hesaplanmıştır [16].

3. Sonuç

Yapıda KT cephelerin kullanımıyla sürdürülebilirlik açısından aşağıdaki faydalar sağlanmaktadır:

- 1) Cephe temizliği için sarf malzemesi (su, deterjan vb.) kullanımı aktif KT cephelerde gereksizken pasif KT cephelerde en düşük seviyededir. Dolayısıyla yapının çevre kirletici etkileri azalır (çevresel sürdürülebilirlik).
- 2) Cephe temizliği için işgücü gerekmez. Dolayısıyla cephe temizliği sırasında can kaybı ve yaralanma riski yoktur (sosyal sürdürülebilirlik).
- 3) İşgücü ve sarf malzemesi kullanımının gerekmemesi ya da en düşük seviyeye inmesi nedeniyle yapının işletim masrafları azalır (ekonomik sürdürülebilirlik).
- 4) Yüksek yapılarda konvansiyonel cephe temizliği için yapılan bina donanımını (otomatik cephe iskelesi, cephe asansörü vb.) gereksiz kılar. Dolayısıyla yapının yapım maliyeti azalır (ekonomik



Şekil 10: Al Jawhara Tower / Pasif KT Cam Giydirme Cephe [16]

sürdürülebilirlik). Pasif KT sistemler için cepheye bütünleşik temizlik sistemi maliyeti işletim giderlerinde elde edilen tasarrufla kendisini kısa sürede amorti etmektedir.

5) Cephenin sürekli temiz görünmesi yapının estetik değerini artırır. Özellikle bazı yapılar için sürekli beyazlık ve temizlik yapı işlevi için önem taşıyabilir.

6) Fotovoltaik cephelerde panellerin temiz tutulması enerji etkinliğini artırır (Çevresel sürdürülebilirlik).

7) Fotokatalitik/süperhidrofilik yüzeyli KT cepheler değinildiği üzere havadaki nitrojen oksitlerini nötralize ederek havayı temizleme özelliği de göstermektedir. Bu tip KT/HT cepheler hava kirliliğinin bölgesel kontrolünde önem taşımaktadır (çevresel sürdürülebilirlik).

Kaynaklar

- [1] Pauli, G. (2010). The Blue Economy: 10 years - 100 innovations - 100 million jobs, “Case 23 - Clean without soap”, Paradigm Publications.
- [2] BRE (2006). “The quantification and evaluation of the benefits of self-cleaning glass”, Building Research Establishment (BRE), Research Report.
- [3] Özgür, H., Gemici, Z., Bayındır M. (2007). “Akıllı Nanoyüzeyler”, Bilim ve Teknik Dergisi (473), 52-56.
- [4] Arkles, B.(2006) “Hydrophobicity, hydrophilicity and silane surface modification”, Gelest Inc.
- [5] Barthlott, W., Ehler, N. (1977). “Raster-Elektronenmikroskopie der Epidermis-Oberflächen von Spermaphyten”, Tropische und subtropische Pflanzenwelt (19), 367-467.
- [6] STO (2005). “StoLotusan Color”, STO AG., Technical Data Sheet: 3206/INT.EN.
- [7] Leydecker, S. (2008). Nano Materials in Architecture, Interior Architecture and Design, Birkhauser Verlag, Basel, İsviçre.
- [8] STO (2005). “Facade coatings with Lotus-Effect”, STO AG., Technical Brochure: Art. 9661-178.
- [9] Orhon A. V. (2012). “Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı”, Ege Mimarlık (82), 18-21.
- [10] Fujishima, A. (2005). “Discovery and applications of photocatalysis – creating a comfortable future by making use of light energy –”, Japan Nanonet Bulletin (44).
- [11] Orhon, A.V. (2013). “Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı”, VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu Bildiri Kitabı, Edirne, 297-304.
- [12] Orhon A. V. (2013). “Mimarlıkta Betonun Sürdürülebilirliği”, Ege Mimarlık (83), 36-39.
- [13] Stone Z. (2013). “This Beautiful Mexico City Building Eats The City's Smog”, Co.exist web magazine, erişim: 22.01.2014.
- [14] Dyneon (2002). “Freestyle Membrane Architecture”. 3M Company, Technical Brochure: Art. 98-0504-1459-2.
- [15] IKU (2008). “iku@windows - the intelligent self-cleaning glass facade unitized system”, iku intelligente Fenstersysteme AG, Brochure.
- [16] Web (2014). “Intelligent, Self Cleaning Glass By IKU, Dubai”, <http://robinson-solutions.blogspot.com.tr/2009/03/intelligent-self-cleaning-glass-by-iku.html>, erişim: 25.01.2014.

NEFES ALAN YAPI KABUKLARI

N. Volkan GÜR¹

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Günümüzde mimarlık terminolojisinde sıkça kullanım bulan sürdürülebilir mimarlığın ana ilkelerinden biri, kullanıcı sağlığını ve konforunu gözeten mimarlık ürünlerini ortaya koymaktır. Kullanıcıya ve ihtiyaçlarına odaklanan yaklaşımlardan biri de, binaların iç ortamında yeterli düzeyde doğal havalandırmayı az enerji kullanarak sağlamaktır. İklimin ve koşulların imkan verdiği durumlarda, dış ortamdan iç mekana taze hava girişinin sağlanması için özel çözümler ve yapı bileşenlerinden yararlanılmaktadır. Hasta bina sendromu olarak adlandırılan ve dış ortamdan yalıtılmış binalarda kullanılan yapay havalandırma sistemlerinin sonucu olarak kullanıcı üzerinde ortaya çıkan olumsuz etkilere karşı yönelinen doğal havalandırma yöntemlerinden yeni binalarda günden güne daha fazla yararlanılmaktadır. Bildiride, gelişmiş cephe sistemlerinde uygulanan doğal havalandırma çözümleri hakkında bilgi verilmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER

Yapı kabuğu, doğal havalandırma, kullanıcı ihtiyaçları, cephe sistemleri, sürdürülebilir mimarlık.

¹ Yrd. Doç. Dr. N. Volkan GÜR M.S.G.S.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi Anabilim Dalı34427 Fındıklı
0 212 25216 00-279 volkan.gur@msgsu.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde mimarlık terminolojisinde sıkça kullanım bulan sürdürülebilir mimarlığın ana ilkelerinden biri, kullanıcı sağlığını ve konforunu gözeterek mimarlık ürünlerini ortaya koymaktır. Kullanıcıya ve ihtiyaçlarına odaklanan yaklaşımlardan biri, binaların iç ortamında yeterli düzeyde doğal havalandırmayı az enerji kullanarak sağlamaktır. Binalarda doğal havalandırmanın iki önemli avantajından biri, iyi hava kalitesi için gereken havalandırmanın elektrik enerjisi gerekmeden sağlanması, ikincisi ise yazın ısı konforunun gün içindeki hava hareketleri ve gece havalandırması ile etkin şekilde gerçekleştirilmesidir [1]. Hasta bina sendromu (sick building syndrome) olarak adlandırılan ve dış ortamdan yalıtılmış binalarda kullanılan yapay havalandırma sistemlerinin sonucu olarak kullanıcı üzerinde ortaya çıkan olumsuz etkilere karşı yönelinen doğal havalandırma yöntemlerinden sürdürülebilirliği gözeterek yeni binalarda günden güne daha fazla yararlanılmaktadır.

2. Doğal havalandırma ve temel prensipler

Bina içinde iyi hava kalitesi sağlamak için, kullanıma ve kullanıcı sayısına bağlı olarak düzenli hava değişimi yapılmalıdır. Bina içinde bu hava değişiminin ek enerji tüketimi gerektirmeden sağlanmasına doğal havalandırma denilmektedir [2]. Sürdürülebilir bakış açısıyla binalarda maksimum doğal havalandırma yapılması amaçlanmalıdır [3]. Hasta bina sendromu olarak bilinen ve kullanıcıya rahatsızlık veren sağlık semptomlarının azaltılmasında doğal havalandırma önemli bir etkidir [4]. İklimin ve koşulların imkan verdiği durumlarda, dış ortamdan iç mekana taze hava girişinin sağlanması için özel çözümler ve yapı bileşenlerinden yararlanılmaktadır. Doğal havalandırmada etkili faktörler; rüzgar ve sıcaklık farkı ile oluşan termal kaldırma kuvvetidir [5, 6]. Havalandırma açıklıklarının tür, boyut, konum ve kontrol edilebilirliği de iyi bir doğal havalandırma için önemlidir [7]. Yapı kabuğunu doğal havalandırma sağlayacak şekilde tasarlarlarken temel prensipler göz önünde tutulmalıdır. Termik prensiplere göre hava ısındıkça moleküller hızlanır, basınç artar, yoğunluğu azalan hava yükselir. Kapalı bir mekanda sıcak hava yukarıda, soğuk hava ise aşağıda yer alır. Toprak seviyesinden yukarı doğru çıkıldıkça rüzgar hızı, bununla birlikte basınç ve vakum etkisi artar. Bu durum, yüksek yapılarda doğal havalandırma için özel önlemler alınmasını gerektirir.

Bina içi mekanlar boş iken 0.3/h gibi minimum bir değer yeterli iken, çalışma saatlerinde 1.1/h değerine erişilmelidir. Kişi başına 40-60 m³/h temiz hava girişi sağlanmalıdır. Doğal havalandırma sağlanan odanın alanına göre ise yaklaşık olarak 200 cm²/m² oranındaki havalandırma açıklıkları yeterli olmaktadır [8]. Bununla beraber, iç ortamdaki kullanıcının konfor koşulları açısından, hava hızının 0.15 m/s değerinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmelidir.

Doğal havalandırma ile ilgili olarak dikkate alınması gereken konular şunlardır [9]:

- Isıtma için gerekli enerjinin artması
- Yaz aylarında iç ortam sıcaklığının artma riski
- İç mekandaki hava hareketleri
- Durgun havalarda havalandırma yetersizliği


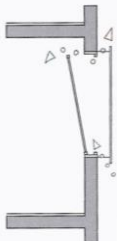




3. Yapı Kabuğunda Doğal Havalandırma Elemanları

Çoğu binada iç ortam pencereler yoluyla havalandırılır. Pencereler, havalandırma dışında doğal ışık ve dışarıyı görüş ihtiyacını karşılarlarken yeterli enerji korunumu da sağlamalıdır. Birbiri ile çelişen kriterler arasında duruma göre optimum çözüm sağlanması ise kritik konudur. Doğal havalandırma için yapı kabuğunda farklı bileşenlerden yararlanılmaktadır [10]. Tablo 1, havalandırma açıklıklarının özelliklerini göstermektedir.

3.1. Pencereler yoluyla havalandırma

Doğal havalandırma; sürme doğramalar, menteşeli pencereler veya paralel açılımlı doğramalar ile sağlanmaktadır. Hava değişim performanslarının yüksek olması ile kullanım ve yapım kolaylığı bu bileşenlerin ayırt edici özellikleridir. Bu havalandırma çeşidi gürültüsü ve rüzgar hızı az olan bölgeler için uygundur. Pencereler etkili hava değişim imkanı sağlamaktadır.

Tablo 1: Havalandırma açıklıkları ve özellikleri

		Hava değişimi	Kontrol edilebilirlik	Ses yalıtımı	Dışarıyı görüş	Notlar
	Pencereler	1-20 h ⁻¹	Orta	Kötü	Çok iyi	Düşük maliyet
	Çift kabuklu cepheler	0.5-5 h ⁻¹	Kötü	İyi	Kötü	Fazla ısınma riski
	Havalandırma kapakçıkları	1-3 h ⁻¹	İyi	Kötü	İyi	İlave çözüm
	Enfiltrasyon	0.5-2 h ⁻¹	İyi	İyi	-	Az karmaşık
	Kontrollü havalandırma elemanları	0.5-1 h ⁻¹	İyi	Çok iyi	-	Orta karmaşık
	Ses yalıtımı sağlayan havalandırma elemanları	1-3 h ⁻¹	Orta	Çok iyi	-	Çok karmaşık

3.2. Çift kabuklu cephelerde havalandırma

Özellikle gürültülü ve rüzgarlı bölgelerde çift kabuklu cephe sistemleri avantaj sağlayan çözümlerdir. Yaz aylarında ara boşluktaki hava fazla ısınabildiğinden, çift kabuklu cepheden havalandırma iç ortam sıcaklığına olumsuz yönde etki edebilmektedir. Bu durumda doğrudan haalandırma sağlayacak çözümler dikkate alınmalıdır. Dış tarafta yer alan ikinci kabuk dışarıyı görüş performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Buna rağmen, kullanıcıyı gürültü ve rüzgardan korumakta, kış aylarında ara mekandaki havanın ısınmasını sağlamaktadır. Ara bölmede yer alan güneş kontrol elemanlarının dış ortam koşullarından korunması da bir diğer avantajdır.

3.3. Havalandırma kapakçıkları

Özellikle yüksek binalarda olmak üzere, rüzgar basıncı pencerelerin güvenli şekilde açılıp kapanmasını engelleyebilmektedir. Yağmur ve rüzgar girişini kontrol edebilecek şekilde tasarlanan kapakçıklar yüksek rüzgar hızlarında bile kullanılabilir. Havalandırma kapakçıklarının şartlara bağlı olarak istenilen düzeyde havalandırma sağlayabilmesi için farklı açılarda açılabilir olması gerekmektedir. Bu türden bir havalandırma geleneksel pencereler veya kutu pencere tipinde çift kabuklu cepheler için uygulanabilir özellikler taşımaktadır.

3.4. Enfiltrasyon havalandırması

Pencere kenarlarında yer alan ufak açıklıklar yoluyla sağlanan hava değişimine enfiltrasyon denmektedir. Enfiltrasyon havalandırması sızıntı şeklinde ve sürekli. Yaz aylarında ısı konforun sağlanmasında etkin rolü olan ve kesintisiz şekilde gerçekleşen enfiltrasyon, kış aylarında ise istenmeyen ısı kayıplarına sebep olabilmektedir. Dış ortam gürültüsünün bu dar açıklıklardan az da olsa iç ortama geçişi söz konusudur.

3.5. Kontrollü havalandırma elemanları

Kontrol edilebilir havalandırma elemanları da yeterli düzeyde hava değişimi sağlayabilmektedir. Ek bir fan düzeneği olmadan, kullanıcı kontrolü altında havalandırma mümkündür. Hava kalitesi, iç ortamdaki kişi sayısı veya hava akımı düzeyi kontrol karar kriterleri arasındadır. Dış ortam koşullarına bağlı olarak gerçekleşen kontrol daha verimli olmaktadır. Yazın sıcaklık kontrollü bir sistem ile oda içinde ideal ısı koşullar sağlanabilmektedir.

3.6. Ses yalıtımı sağlayan havalandırma elemanları

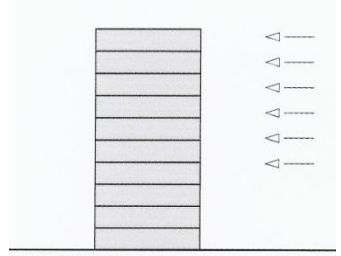
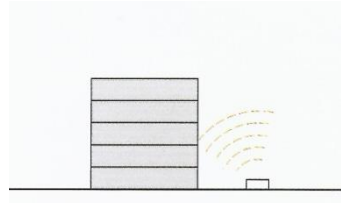
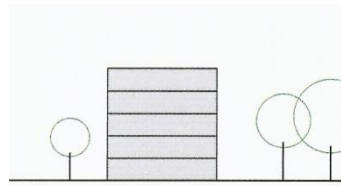
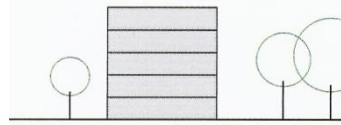
Gürültülü bölgelerde ses kontrollü havalandırma elemanları geleneksel pencereler için yararlı bir seçenektir. Çift kabuklu cephe sistemlerine alternatif olarak düşünülebilir. Olumlu bir diğer özelliği ise geleneksel pencere çözümü ile kullanıldığında kullanıcının dışarıyı görüşünü iyi düzeyde sağlamasıdır.

Havalandırma elemanlarının farklı bölgeler ve bina türleri için olumlu ve olumsuz yönleri Tablo 2’de açıklanmıştır [10].

4. Doğal Havalandırma Sağlayan Yapı Kabuğu Uygulama Örnekleri

Doğal havalandırma esas alan yapı kabukları için ilk uygulama örneği içinde bulunduğumuz yıl içinde bitirilmesi planlanan ve Hamburg’da bulunan Şehir ve Çevre Bakanlığı binasının cephesidir (Şekil 1, 1). Tek kabuklu cepheden havalandırılan binada her cephe modülü üç camlı pencere kanadı yanında ısı yalıtımlı alüminyum havalandırma kapakçığı içermektedir. Havalandırma kapakçıkları metal cephe kaplaması arkasında yer almakta, bu sayede dış ortam koşullarına doğrudan açık olmaması sağlanmıştır. İç ortamın soğutulması da yine bu kapakçıklar yoluyla gece havalandırması yapılarak gerçekleştirilebilmektedir.

Tablo 2: Farklı bölgeler ve bina türleri için havalandırma elemanlarının olumlu ve olumsuz yönleri

Havalandırma elemanı	Olumlu yönü	Olumsuz yönü	Bölge ve dış koşullar
Çift kabuklu cephe	<ul style="list-style-type: none"> • Korunaklı güneş kontrol elemanı • Kışın iç ortama verilen havanın ılık olması • Gece havalandırması 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek maliyet • Dışarıyı görüş iyi değil • Yazın aşırı ısınma riski 	
Pencere havalandırması ve havalandırma kapakçıkları	<ul style="list-style-type: none"> • Maliyet etkin • Dışarıyı görüş iyi 	<ul style="list-style-type: none"> • Korunaksız güneş kontrol elemanı 	
Pencere havalandırması ve kutu tipi pencere	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Esnek çözüm • Gece havalandırması 	<ul style="list-style-type: none"> • Kısmen korunaklı güneş kontrol elemanı 	
Pencere havalandırması ve kontrollü havalandırma elemanı	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Gece havalandırması • Kullanıcı kontrolünde havalandırma 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrol sistemi ihtiyacı • Yüksek maliyet • Korunaksız güneş kontrol elemanı 	Yüksek bina, rüzgara açık
Kutu tipi pencere	<ul style="list-style-type: none"> • Gece havalandırması • Kışın iç ortama verilen havanın ılık olması 	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi değil • Yazın aşırı ısınma riski 	
Pencere havalandırması ve kutu tipi pencere	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Esnek çözüm • Gece havalandırması 		
Pencere havalandırması ve enfiltrasyon	<ul style="list-style-type: none"> • Ses yalıtımlı temel havalandırma • Dışarıyı görüş iyi • Maliyet etkin 	<ul style="list-style-type: none"> • Sınırlı düzeyde ses yalıtımı 	
Pencere havalandırması ve ses yalıtımlı havalandırma elemanı	<ul style="list-style-type: none"> • Ses yalıtımlı havalandırma • Dışarıyı görüş iyi 	<ul style="list-style-type: none"> • Karmaşıklık düzeyi yüksek 	Gürültülü bölge
Pencere havalandırması	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Maliyet etkin 	<ul style="list-style-type: none"> • Korunaksız gece havalandırması 	
Pencere havalandırması ve şaşırtma paneli	<ul style="list-style-type: none"> • Gece havalandırması 	<ul style="list-style-type: none"> • Sınırlı düzeyde dışarıyı görüş 	
Pencere havalandırması ve enfiltrasyon	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Temel hava değişimi • Temel gece havalandırması 	<ul style="list-style-type: none"> • Fark edilmeyen hava değişimi 	
Pencere havalandırması ve kontrollü havalandırma elemanı	<ul style="list-style-type: none"> • Dışarıyı görüş iyi • Kullanıcı kontrolünde temel havalandırma 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek maliyet • Kontrol sistemi ihtiyacı 	Sessiz bölge

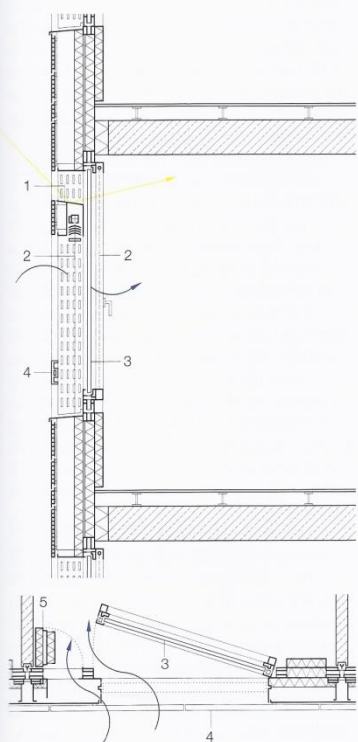
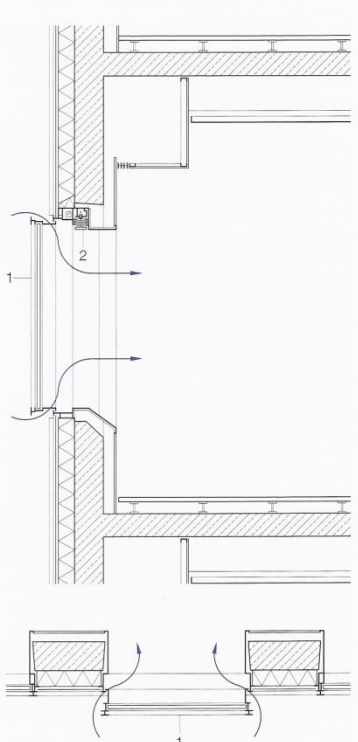
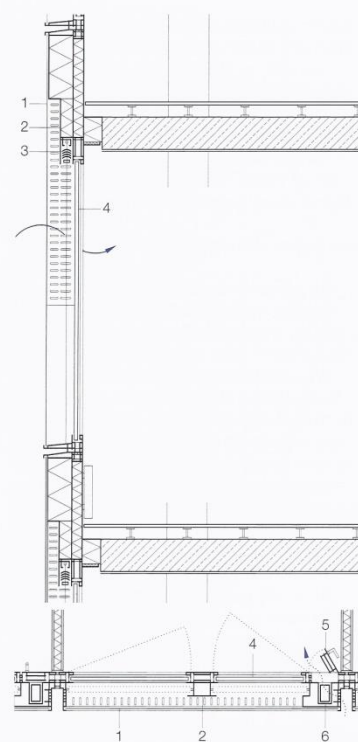
Şekil 1’de görülen ikinci cephe uygulaması, Frankfurt’ta yer alan 155 m yüksekliğindeki banka binasına aittir. Avrupa’nın en büyük yenileme projesi olan bina, LEED platinyum ve Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi altın madalyasını almıştır. Enerji tüketiminin yarı yarıya azaltılmasında üç camlı enerji verimli cephenin büyük rolü vardır. Motor ile çalışan pencereler, 180 mm dışarıya ve cepheye paralel şekilde açılmaktadır. Yağmur ve rüzgar arttığında pencereler otomatik olarak kapanmaktadır. Yazın gece havalandırması için yine otomatik olarak açılmaktadır. Ortam şartlarına adapte olabilen cephe sistemi sayesinde bina servislerine bağlı enerji maliyetleri etkin şekilde azaltılmaktadır.

Havalandırılmalı kutu pencere tipinde çift kabuklu cephe sistemine sahip ADAC merkez binası Munich’te bulunmaktadır (Şekil 1, 3). Cephe modülünde dış tarafta yer alan lamine cam, güneş kontrol elemanını korumakta ve bir tampon bölge yaratmaktadır. 92 m yüksekliğindeki binanın cephesinde cam ve alüminyum malzeme kullanılmıştır. Cephe modülünün iç tarafına temizlik için açılır iki kanat ve yalıtımlı havalandırma kapakçığı yerleştirilmiştir. Dış taraftaki lamine cam ile iç kabuk arasında havalandırılmalı boşluk bulunmaktadır. Ofis katlarında bölme duvarları bulunmadığından, rüzgarlı zamanlarda havalandırma kapakçıları açıkken karşıt cephelerde etkin olan basınç ve vakum etkisi iç ortamda kontrolsüz hava hareketlerine sebep olabilmektedir. Bu noktada sabit hava debisini sağlayan kontrol elemanı devreye girmektedir. İklimlendirme cihazlarının enerji tüketimi azaltılırken iç ortama taze hava girmesi mümkün olmaktadır. Hava, cephe üzerinde negatif basınç varsa ünitenin valflerinden dış ortama çıkmakta, pozitif basınç varsa iç ortama girmektedir. Valfler 120 m³/saat ($\pm 10\%$) değerinden itibaren hava debisini sınırlandırmak için kendiliğinden ve sessizce kapanmaktadır. Dış ve iç ortamlar arasındaki basınç farklılığı minimal düzeyde olduğunda, hava, kontrol elemanından doğrudan geçmektedir.

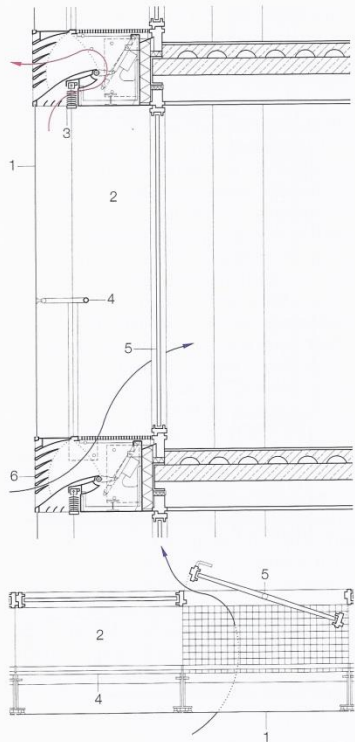

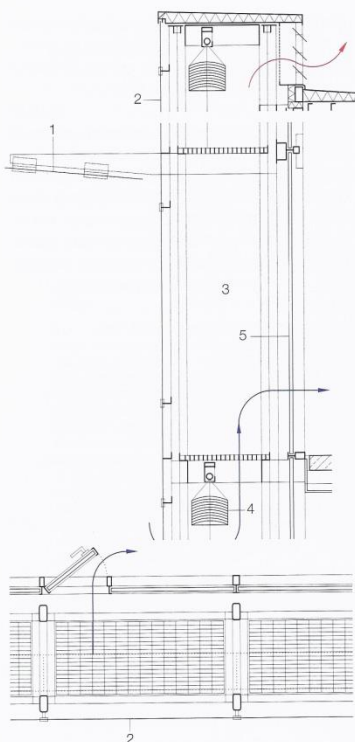
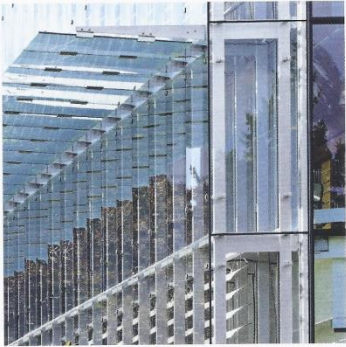
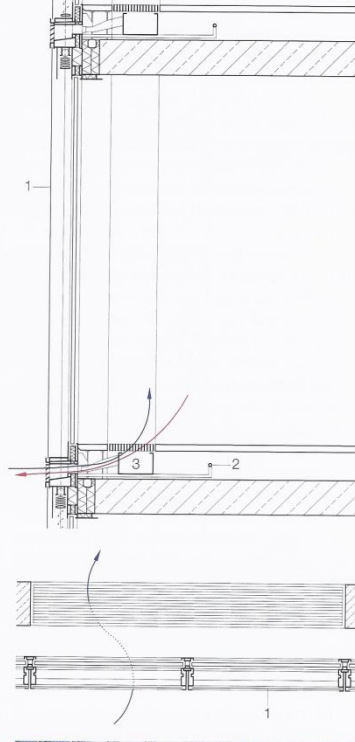

Düsseldorf City Gate binası kontrollü havalandırma üniteli çift kabuklu cephe sistemine sahiptir (Şekil 2, 4). Dış ve iç kabuk arasında yer alan boşluğa hava girişi ve buradan dış ortama çıkışı paslanmaz çelik havalandırma kutuları ile sağlanmaktadır. Kabuklar arasındaki koridor 140 cm genişliğe kadar erişmekte, güvenlik açısından küpeşte bulunmakta ve kullanıcıların erişimine imkan vermektedir. Kat döşemesi hizasında bulunan havalandırma kutuları içinde motor ile kontrol edilen hava kapakçıları vardır. Dış ortam hava sıcaklığı iç ortamdakinden az ise, soğuk havanın havalandırma üniteleri yoluyla ara boşluğa alınması sağlanmaktadır. Buradan da iç kabuktaki açılır ahşap doğramalar ile iç ortama girmektedir. Bunun tersi olarak, dış ortam hava sıcaklığı iç ortamdakinden fazla ise havalandırma kapakları kapatılarak iç ortama sıcak havanın girişi engellenmekte, bu sayede soğutma enerjisinden tasarruf edilebilmektedir. Havalandırma sırasında dışarıya verilen atık havanın ve içeriye alınan taze havanın birbirine karışmaması için açıklıkların diyagonal yerleşimi yapılmıştır. Cephe ara boşluğunda gerçekleşen doğal hava akımı sayesinde ofis mekanlarında ayrıca iklimlendirmeye ihtiyaç olmamaktadır.

Bina yüksekliğinde ara boşluğu bulunan ve çift kabuklu cephe sistemine sahip olan Boston’daki Cambridge Kütüphanesi ek binası dört kat yüksekliğindedir (Şekil 2, 5). Cephe sisteminin en altından hava kapakçıları ile ara boşluğa alınan hava yükselerek en tepedeki hava kapakçılarından dışarıya çıkmaktadır. Güneş kontrolü 30 cm genişliğindeki jaluziler ile sağlanmaktadır.

Kapalı boşluklu kutu pencere tipinde cephe sistemi olan yönetim binası İsviçre’de bulunmaktadır (Şekil 2, 6). Bina, kat döşemeleri hizasındaki entegre havalandırma üniteleri ile havalandırılmaktadır. Hava delikleri, kat yüksekliğindeki kutu pencere ünitelerinin altında yatay yarıklar şeklinde düzenlenmiştir. İç kabukta üç camlı ünite, dış kabukta ise tek parça lamine cam bulunmaktadır. Binanın cephe sistemi ısıtma ve soğutma sistemlerini de destekler niteliktedir. Soğuk günlerde taze hava iç ortama verilmeden, üniteler içinde bulunan ısı değiştiricileri ile önceden ısıtılmakta, dış ortam hava sıcaklığı fazla olduğunda ise soğutulmaktadır.

Cephe uygulaması 1	Cephe uygulaması 2	Cephe uygulaması 3
<p>Havalandırma kanatları ve kapakçıkları bulunan tek kabuklu cephe, Hamburg, 2014</p> <p>Bina yüksekliği: 23 ve 50 m Modül boyutları: 2.60 x 3.33 m Havalandırma kapağı: 34 x 200 cm</p> <ol style="list-style-type: none">1. gün ışığı kontrolü2. güneş ışınları kontrol elemanı3. üç camlı açılır kanat4. seramik profilli korkuluk5. havalandırma kapağı	<p>Paralel açılımlı havalandırma pencereleri bulunan tek kabuklu cephe, Frankfurt, 2011</p> <p>Bina yüksekliği: 155 m Modül boyutları: 1.25 x 1.66 m</p> <ol style="list-style-type: none">1. üç camlı havalandırma kanadı, güneş kontrolü için gümüş kaplama2. güneş ve gün ışığı kontrolü sağlayan jaluzi	<p>Havalandırma kapakçıklı ve hava yönlendirmeli debi kontrollü kutu pencere tipinde çift kabuklu cephe, Munich, 2012</p> <p>Bina yüksekliği: 92 m Modül boyutları: 2.50 x 3.65 m</p> <ol style="list-style-type: none">1. hava yönlendirme: lamine cam, havalandırmalı2. alüminyum levha3. güneş kontrolü4. üç camlı ünite5. havalandırma kapakçığı6. hava debisi kontrolü
		

Şekil 1: Doğal havalandırma sağlayan farklı cephe uygulamaları 1-3 [11]

Cephe uygulaması 4	Cephe uygulaması 5	Cephe uygulaması 6
<p>Kontrollü havalandırma sağlayan havalandırma üniteli çift kabuklu cephe, Düsseldorf, 1997</p> <p>Bina yüksekliği: 70 m Modül boyutları: 1.50 x 3.50 m</p> <ol style="list-style-type: none">1. lamine cam2. kat yüksekliğinde bölünmüş hava boşluğu3. güneş kontrolü4. küpeşte5. ahşap doğramalı çift camlı ünite6. havalandırma ünitesi	<p>Bina yüksekliğinde kesintisiz havalandırma boşluklu çift kabuklu cephe, Boston, 2009</p> <p>Bina yüksekliği: 4 kat Modül boyutları: 1.68 x 2.65 m</p> <ol style="list-style-type: none">1. çıkıntılı güneş kontrol elemanı2. lamine cam3. bina yüksekliğinde hava boşluğu4. güneş kontrolü5. çift camlı ünite	<p>Havalandırma üniteli kapalı boşluklu kutu pencere tipinde çift kabuklu cephe, İsviçre, 2011</p> <p>Bina yüksekliği: 68 m Modül boyutları: 1.35 x 3.78 m</p> <ol style="list-style-type: none">1. lamine cam2. kuru havalı kapalı boşluk güneş kontrolü için jaluzi üç camlı ünite3. ısı değiştiricili havalandırma ünitesi
 	 	 

Şekil 2: Doğal havalandırma sağlayan farklı cephe uygulamaları 4-6 [11]

5. Sonuçlar

Bina içinde hava değişimini gerçekleştirmek üzere doğal havalandırmadan yararlanırken kış aylarında bununla birlikte ısı konforu sağlamak amaçtır. Rüzgarlı zamanlarda yeterli hava değişimi sağlanmakla beraber hava hızını sınırlandırmak gerekmektedir. Durgun havalarda bile iç ve dış ortamlar arasındaki sıcaklık farkları yeterli hava değişimini sağlayabilmektedir. Yaz aylarında ise genellikle yüksek dış hava sıcaklığı söz konusu olduğundan hava değişimi sınırlı olabilmektedir. Mekanik havalandırma sistemi olmayan binalarda cephe açıklıkları etkin havalandırma sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Yapı kabuğunda doğal havalandırma sağlayan açıklıkların değişen ortam şartlarına ve ihtiyaçlara uyum sağlayacak şekilde değişken özellikte tasarlanmasının iyi bir yaklaşım olduğu bilinmelidir.

Günümüzde, binaya ve bölgeye bağlı olarak, verimli havalandırma çözümleri geliştirilebilmektedir. Doğal havalandırmadan yararlanan cephe sistemleri ile kullanıcının kendini iyi hissetmesi sağlanırken, iklimlendirme için harcanan enerjiden önemli oranda tasarruf edilebilmekte, böylelikle doğaya salınan karbondioksit emisyonunun azaltılması da mümkün olmaktadır. Her geçen gün daha fazla kirletilen ve tahrip edilen doğayı elimizden geldiğince korumak, inşa ettiğimiz binalar ile ona az zarar vermek ve onunla uyum içinde olmak başlıca amaçlarımız arasında yer almalıdır.

6. Kaynakça

- [1] Shulze T., Eicker, U. (2013). Controlled natural ventilation for energy efficient buildings, *Energy and Buildings*, 56, 221-232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.044>.
- [2] Gratia, E., Bruyere, I., Herde, A. D. (2004). How to use natural ventilation to cool narrow office buildings, *Building and Environment*, vol. 39, issue 10, 1157-1170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.02.005>.
- [3] Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., Zeumer M. (2008). *Energy manual- sustainable architecture*, Birkhauser Verlag AG, Munich.
- [4] Fisk, W. J., Mirer, A. G. and Mendell, M. J. (2009). Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates, *Indoor Air*, 19: 159-165. doi: 10.1111/j.1600-0668.2008.00575.x.
- [5] Gratia, E., Herde, A. D. (2004). Natural ventilation in a double-skin facade, *Energy and Buildings*, vol. 36, issue 2, 137-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.10.008>.
- [6] Germano, M., Roulet, C. A. (2006). Multicriteria assessment of natural ventilation potential, *Solar Energy*, vol. 80, issue 4, 393-401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2005.03.005>.
- [7] Roetzel, A., Tsangrassoulis, A., Dietrich, U., Busching, S. (2010). A review of occupant control on natural ventilation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, issue 3, 1001-1013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.005>.
- [8] Schittich C. (2001). *Building Skins: Concepts, Layers, Materials*, Edition Detail- Institut für internationale Architektur- Dokumentation GmbH, Birkhäuser Publishers for Architecture, Basel.
- [9] Herzog T., Krippner R., Lang W. (2004). *Fassaden Atlas*, Institut für Internationale Architektur- Dokumentation GmbH & Co. KG, München.
- [10] Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P. (2006). *Climate Skin*, Birkhauser Verlag, Berlin.
- [11] Rudolf B. (2012). Breathing façades: façade technology toward decentralized natural ventilation, *Detail- Review of Architecture*, vol. 5, 512-517.

Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik

Müjde Altın¹
Ahmet Vefa Orhon²

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı ve Cephe Sistemleri

ÖZET

1970'lerdeki petrol kriziyle birlikte, yapı cephelerinin tasarımları değişmiş, konfor koşullarının daha az ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiği anlaşılmış, bu dönemden sonra sürekli gelişen cephe tasarımları karşımıza çıkmış, halen yenileri karşımıza çıkmaya devam etmektedir. Günümüzde sürdürülebilir mimarlığı sağlayabilmek için daha farklı özellikte cepheler tasarlanmaya başlanmıştır. Bunların çoğu, çevrelerine uyum sağlayan "akıllı yapı cepheleri" olarak adlandırılan özellikteki cephe tasarımları olup her biri farklı bir özellik ile karşımıza çıkmaktadır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir akıllı yapı cephesi tasarımlarını farklı özelliklerine göre sınıflandırarak günümüzdeki farklı örnekleriyle irdelemek ve gelecek için öneriler geliştirmeye çalışmaktır. Bunun için akıllı yapı cepheleri, enerji üreten, ısı kayıp ve/veya kazancını dengeleyen, kendini ve/veya havayı temizleyen ve diğer akıllı yapı cepheleri olarak 4 sınıfta incelenmiş, her bir sınıf için birer örnek detaylı olarak incelenerek sürdürülebilir özellikleri belirtilmiş ve sürdürülebilir bir gelecek için öneriler oluşturulmaya çalışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER

Akıllı yapı cepheleri, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık.

¹ Müjde Altın, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, (232) 3018448, (232) 4532986, mujde.altin@deu.edu.tr

² Ahmet Vefa Orhon, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, DEÜ Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, (232) 3018449, (232) 4532986, vefa.orhon@deu.edu.tr

AKILLI YAPI CEPHELERİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

1. GİRİŞ:

Sürdürülebilir kalkınmanın ve sürdürülebilir mimarlığın gündemde olduğu günümüzde akıllı yapı cepheleri çok farklı şekillerde ve konseptlerde karşımıza çıkmaktadır. Endüstri devrimine kadar cephe tasarımları, kısıtlı malzeme ve teknoloji olanaklarıyla ve aynı zamanda enerji korunumu dikkate alınarak oluşturuluyordu. Endüstri devrimi sonrasında ise malzeme ve teknolojideki ilerleme ile yapı cephesi tasarımları çok değişmiş, yapıların çevresel etkileri ve binalardaki konfor koşulları düşünülmeden özgür bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. 1970'lerdeki petrol kriziyle birlikte, fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak için bu cephe tasarımlarının değiştirilmesi gerektiği, konfor koşullarının daha az enerji tüketerek ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiği anlaşılmıştır. Bu dönemden sonra sürekli gelişen cephe tasarımları karşımıza çıkmış, halen yenileri karşımıza çıkmaya devam etmektedir. Günümüzde sürdürülebilir mimarlığı sağlayabilmek için daha farklı özellikte cepheler tasarlanmaya başlanmıştır. Bunların çoğu, "**akıllı cephe**" olarak adlandırılacak özellikteki cephe tasarımlarıdır. Akıllı cephe kısaca "**çevresel uyarılara yanıt vererek ortam şartlarına uyum gösteren**" cepheler olarak tanımlanabilir[1]. Böylelikle bu cepheler, enerji ve kaynak tüketimini azaltarak, karbon salımını ve çevreye verilen zararı azaltarak sürdürülebilir mimarlığın sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, akıllı cephe tasarımlarını farklı özellikleriyle farklı özellikleriyle sınıflandırmaya çalışarak günümüzdeki farklı örnekleriyle sürdürülebilir mimarlığa katkısını irdelemek, sürdürülebilir gelecek için ileriye dönük öneriler oluşturmaya çalışmaktır. Çalışma kapsamında öncelikle akıllı yapı cephesi tanımı verilerek sınıflandırma çalışması yapılacak, daha sonra bu sınıflardan her biri için birer örnek detaylı olarak incelenecektir. Sonrasında değerlendirme yapılarak akıllı yapı cephelerinin sürdürülebilir mimariye katkısı örnekler üzerinden belirtilecek, sürdürülebilir bir gelecek için ileriye dönük öneriler geliştirilmeye çalışılacaktır. Sonuç olarak çalışmanın, hem akıllı yapı cephelerinin sürdürülebilirlik açısından mimariye katkılarını vurgulaması, hem de günümüz akıllı yapı cephesi uygulamalarını örnekleyerek bir anlamda sınıflamaya çalışması açısından literatüre katkısı olacaktır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK

Sürdürülebilirlik tanımı ilk defa 1983 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Genel Kurul Toplantısı'nın sonucunda, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundlandt tarafından açıklanan ve 1987'de yayınlanan "Ortak Geleceğimiz (Our Common Future)" raporunda geçmiştir. Brundlandt Raporu olarak da anılan bu raporda, sürdürülebilir kalkınma "bugünün gereksinmelerini, gelecek nesilleri kendi gereksinmelerini karşılama yetisinden yoksun bırakmadan karşılayarak kalkınma" olarak tanımlanmıştır [2].

"Sürdürülebilir Mimarlık" tanımının üç boyutu çevre, toplum ve ekonomi olup, yapılan farklı tanımların ortak birtakım noktaları vardır. Bunlar genellikle çevreye saygılı ve mümkün olan en az zararın verildiği tasarımları kapsamaktadır. Sürdürülebilir mimarlık kavramının tanımı kapsamında en çok bahsedilen konular şöyle sıralanabilir:

- Yapı alanının etkin kullanımı (bulunduğu çevreye, iklime uygun tasarım)
- Enerji korunumu (ısı yalıtımı, enerji ihtiyacının azaltılması, pasif ve aktif enerji sistemlerinin kullanılması vb. gibi)
- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı
- Su korunumu (yağmur suyu kullanımı, kullanım suyunun arıtılarak kullanılması vb. gibi)
- Yerel malzeme ve iş gücü kullanımı (yakındaki malzemelerin ve iş gücünün tercih edilmesi)
- Atık yönetimi
- Geri dönüşüm (geri dönüşümlü malzeme kullanımı) [3].

Sürdürülebilir mimarlık eseri bir akıllı yapı cephesinin bu özelliklerden en az bir tanesine, daha iyisi hepsine sahip olması beklenir.

3. AKILLI YAPI CEPHELERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, “**Akıllı Yapı Cephesi**” tanımı ile “**çevresel koşullara yanıt vererek binaların daha etkin olmasını sağlayan yapı cepheleri**” kastedilmektedir. Bu tür cepheler, kendisini ayarlayarak dış koşullara uyum sağlar ve böylelikle kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayarak konfor koşullarını sağlarken enerji ihtiyacını minimumda tutar. Çevresel koşullara cevap verebilmek için :

- “akıllı” birtakım özelliklere ya da fonksiyonlara sahip olması ,
- “akıllı” malzemelerle inşa edilmiş olması .

‘Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık’ (responsive architecture) kavramı ilk kez 1970 yılında Negroponte tarafından ortaya atılmıştır[1]. Böylece ilk kez alışlagelmiş yapı kavramının ötesine geçilerek ‘çevresel koşullara değişerek uyum gösteren mimarlık’ (adaptive architecture) fikri de ortaya çıkmıştır. Kendini çevresel koşullara uyarlayan ilk akıllı yapı cephesi örneği olarak mimar Jean Nouvel tarafından Paris’te 1981-1987 arasında inşa edilen Arap Dünyası Enstitüsü (Institute du Monde Arap) binası verilebilir. Bu akıllı cephede, gelen ışığa bağlı olarak elektro pnömatik sistemle kontrol edilen 30.000 adet alüminyum malzemeli mekanik diyafram kullanılarak gün ışığının iç mekana kontrollü alınması sağlanmıştır.[4] Bu örnekte akıllı yapı cephesi, güneşten olan enerji kazancını dengeleyerek iç mekanda termal ve görsel konfor koşullarının sağlanması konusunda çalışmaktadır.

Akıllı yapı cephelerini, farklı özelliklerine göre enerji üreten, ısı kayıp ve kazancını dengeleyen ve kendini ve/veya havayı temizleyen cepheler gibi farklı sınıflara ayırmak mümkündür. Bunların dışında bu kategorilere girmeyen ancak yine de sürdürülebilir ve akıllı denmesi gereken örnekler de günümüzde mevcuttur. Bu nedenle çalışma kapsamında bunlar için de “diğer akıllı cepheler” şeklinde ek bir inceleme yapılması gerekli görülmüştür. Ancak yine de teknolojinin ilerlemesiyle ve nanoteknoloji kullanımı ile akla gelen her türlü özelliğin cephelere kazandırılabilmesi sonucunda, ileride bu kategorileri sürekli yenilemek, değiştirmek gerekebilecektir. Bu çalışma kapsamında yukarıda belirtilen dört kategori için birer örnek seçilerek incelenmiştir.

3.1. Enerji Üreten Akıllı Cepheler:

Enerji üreten cepheler günümüze kadar güneş kolektörleri, Fotovoltaik (FV) hücre/paneller, Trombe duvarları gibi enerji üreten sistemlerin ve teknolojilerin kullanımıyla oluşturulmakta olup günümüzde enerji üreten çok farklı cephe sistemleri tasarlanmaya başlanmıştır. Bunlara verilecek en güzel ve en yeni örneklerden bir tanesi Almanya’da 2013’te yapımı tamamlanan “Biyoreaktörlü Cephe”ye sahip olan BIQ binasıdır.

BIQ – Biyoreaktör Cephe Bina, Almanya:

Bu cephe, türünün ilk örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Binanın güneş gören cephelerinde, içerisinde canlı algler barındıran cam paneller kullanılmıştır. Bu paneller hem gölgeleme elemanı olarak, hem de algler güneş ışınıyla fotosentez yaparak besinlerini üretirken iç mekanı ısıtan elemanlar olarak kullanılmaktadır. Ayrıca algler iyice çoğaldıklarında panellerden alınarak başka bir yerde biyokütle olarak kullanılmakta, enerji elde edilmektedir. Bu elde edilen enerji, başka herhangi bir bitkinin yakılmasına göre 5 kat daha fazla olmaktadır. Algler fotosentez yaptıkça cephe renk değiştirmektedir. Dolayısıyla alglerin besin ve ısı ürettikleri, renklerinden anlaşılmaktadır(Şekil 1).[5] Alglerden oluşan paneller, binanın tüm enerji ihtiyacını karşılarken Karbon salımını yılda 6 ton azaltır[6].

Bina akıllı cephesinin sürdürülebilir özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Gölgeleme – iç mekan konfor koşulları
- Kaynak (fosil) tüketimini azaltma
- Biyokütle (verimi yüksek) – yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı
- Karbon salımının azaltılması
- Çevreye verilen zararın azaltılması



Şekil 1. BIQ binası; solda genel görünüm; sağda algerle dolu panel detayı[5].

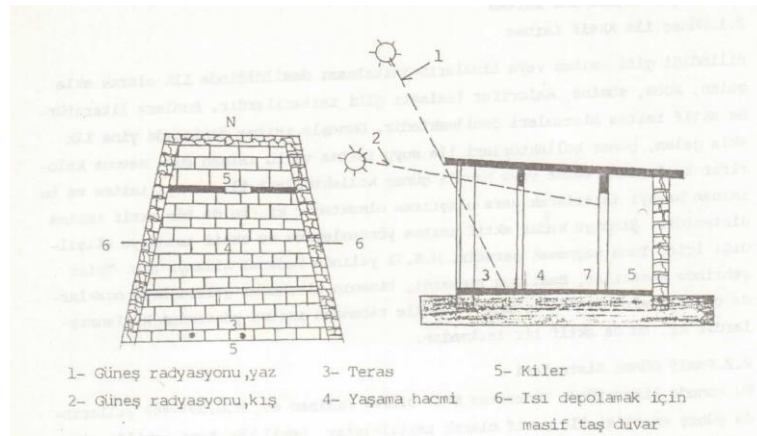
3.2. Isı Kayıp ve/veya Kazancını Dengeleyen Akıllı Cephele:

Bu cephele, çok farklı şekillerde üretilebilir. Bu tür cephe tasarımları, mimarın yaratıcılığını ve bilgisini konuşturabileceği özgün bir alandır. Gölgelemeyi farklı şekillerde yapan, bunun için farklı sistemler kullanan çok sayıda örneği vardır. Bu akıllı cephe türlerinden gölgeleme elemanlarını kullanarak ısı kayıp ve/veya kazancını dengeleyen akıllı cephe örneklerinden Dubai'deki Al Bahar Kuleleri'nin cephe sistemi, bu çalışma kapsamında detaylı olarak incelenecektir.

Al Bahar Kuleleri:

Al Bahar Kuleleri, 2012 CTBUH Ödülleri programında, CTBUH Yenilik Ödülü'nü kazanmış ve Orta Doğu ve Afrika'nın En İyi Yüksek Binası Finalisti olmuştur. Tasarım kriterleri arasında öne çıkan başlıca kriterler, yönelme ve manzara, doğal dağınık ışığın iç mekana alınması, güneş kazançlarından korunma, kullanıcı konforu, inşa edilebilirlik, yüksek verimlilik ve kültürel kimlik olarak sayılabilir. Bu kriterler çerçevesinde oluşturulan cephe tasarımı, 29'ar katlı silindirik iki adet kulenin cam cephelerinin önündeki gölgeleme yapan ikinci cephe olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu cephe, kuzey yönü dışında kuleleri tamamen sarmakta, fazla güneş ışınımından korumaktadır. Cephe tasarım kriterlerinin sonucunda, balpoteği şeklinde (dinamik) bir strüktür elde edilmiştir(Şekil4).[7]

Bu durum, literatürde Sokrates evi ya da Megaron evi olarak bilinen evin özelliğine benzer bir durumu yansıtmaktadır. Sokrates Evi'nde (Şekil 2) binayı kuzeyden gelen soğuk hakim rüzgarların etkisinden korumak üzere doğu, kuzey ve batı yönlerinden saran kalın taş duvarlar kullanılmıştır. Benzer şekilde, iklim farklılığından dolayı burada da binayı sıcaktan ve güneşin ısıtıcı etkisinden korumak üzere, yönelme 180° döndürülerek binayı doğu, güney ve batı yönlerinden saracak şekilde bir çözüm getirilmiştir. Ancak Sokrates evindeki güneye bakan ve güneşin faydalı etkilerinden (örneğin kışın iç mekanın ısıtılması, doğal aydınlatma, hijyen gibi etkilerinden) faydalanılması için uygulanan güney yönündeki saçakla korunan teras ve güneye bakan şeffaf cephe burada da uygulanmak istenmiş, bunun için teknolojiyen de faydalanılmış ve hareketli, güneşin ve rüzgarın hareketlerine duyarlı bir şekilde açılıp kapanabilen bir gölgeleme sistemi kurgulanarak uygulanmıştır. Hatta binada güney yönünde oluşturulan gökbahçeleri ile güneşin yakıcı etkisi hafifletilmek istenmiş, sanki Sokrates evinin terası bu şekilde uygulanmaya çalışılmıştır.



Şekil 2. Sokrates'in güneş evi (M.Ö. 469-397) [8]

Cephe tasarımında, bölge mimarisine özgü, parlama ve güneş ışınımı kazanımını azaltırken mahremiyeti sağlayan “Mashrabia”nın prensipleri ve geometrik kompozisyonu ile bitkilerin kendini güneşin değişen yönüne ve değişen iklim koşullarına adapte etmesi bir arada kullanılmıştır. Buna ek olarak kağıt katlama sanatı “origami” de tasarıma eklenince, güneşin hareketine göre açılıp kapanarak iç mekanı güneşin istenmeyen fazla ışınımlarından koruyan, modern ve yenilikçi bir cephe sistemi ortaya çıkarılmıştır. (Şekil 3) Her bir üçgen parça yaklaşık 6m x 4m boyutlarında olup ağırlıkları 240 – 600 kg arasında değişmektedir. Bunların taşıyıcı iskeletinin üzerinde PTFE ile kaplanmış fiberglas kullanılmıştır. Bu sistem sayesinde cephede kullanılan camlar daha fazla ışık geçiren cinsten seçilmiş, dolayısıyla ağır kaplamalı camlar kullanılmamıştır. Böylelikle hem camlardan (minimum malzeme kullanımı) hem de daha az klima kullanımından (enerji ve kaynak korunumu) dolayı bina daha sürdürülebilir hale gelmiştir. [7][9]

Her bir kulede bu üçgen bileşenlerden 1000’er adet kullanılmıştır. Sistem, cam cepheden 2m uzakta monte edilmiştir. Sistemin binadaki gölgeleme oranı %80 olup, çöl gibi bir iklimde bu durum olumsuz bir durum yaratmamakta, yapay aydınlatmaya fazla gerek olmamaktadır. Ancak sabit gölgeleme elemanları kullanılan yapının benzerlerinde bu durum tam tersi olup gün içerisinde oldukça yüksek oranda yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. [9]

Sistemin avantajları, parlamanın azaltılması, yeterli günışığı alımı, yapay aydınlatmaya ihtiyacın azaltılması, güneş ışınımı kazancının %50 azaltılması olarak sayılabilir ki böylelikle CO₂ emisyonunda yılda 1750 ton azaltma sağlanmaktadır[7]. Böylelikle Al Bahar Kuleleri, karbon ayakizini de azaltmış olmakta, sürdürülebilir bir bina olduğunu göstermektedir.



a. Tam kapalı,



b. Yarı açık,



c. Açık.

Şekil 3. Origami şeklinde katlanıp açılan gölgeleme elemanlarının tam kapalı, yarı açık ve açık durumdaki görünümleri[10]



Şekil 4. Al Bahar Kuleleri; solda genel görünüm; ortada cepheden detay; sağda gölgeleme detayı[10].

Bina akıllı cephesinin sürdürülebilir özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Yöre ve kültüre uygun tasarım (Mashrabia)
- Gölgeleme – iç mekan konfor koşulları
- Kaynak (fossil) tüketimini azaltma (soğutma ve yapay aydınlatma)
- Çevreye verilen zararın azaltılması
- Minimum malzeme kullanımı (cam)

3.3. Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Cephe:

Kendini ve/veya havayı temizleyen cephe de kendi içinde farklı gruplara ayrılabilir,

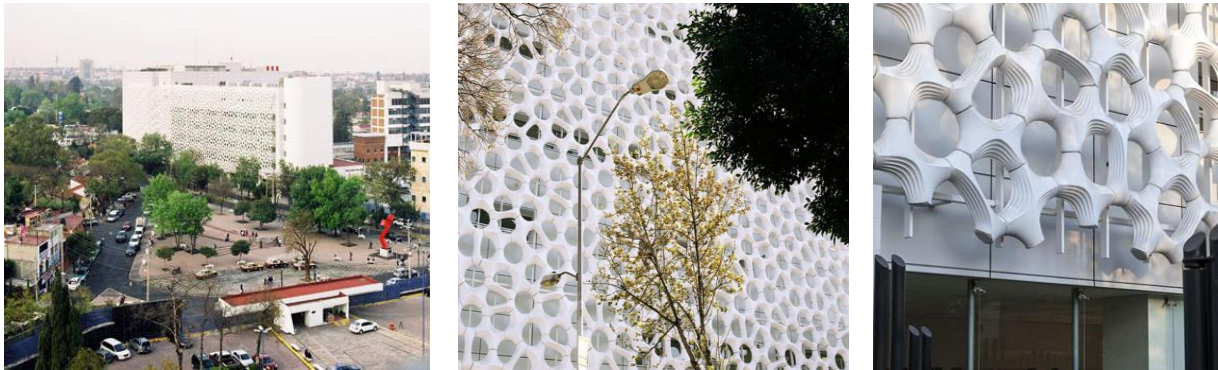
- süperhomofobik (suyu iten) cephe,
- fotokatalitik (katalizör yardımıyla kirleri parçalayan) /süperhomofilik(suyu geniş yüzeye yayan) cephe,
- ETFE ve PTFE benzeri yapışmaz yüzeylerden oluşturulan cephe,
- manuel olarak ayarlanarak otomatik temizlenen cephe gibi.

Ancak bu çalışmada, bu grupların her birine yer verilemeyeceği için, temizleme fonksiyonu ana özellik olarak ele alınacak ve hepsi tek başlık altında incelenecektir. Bu cephe sınıfına verilecek en güzel örnek, Meksiko City’deki bir hastanenin cephesidir. Havadaki egsoz dumanını temizlediği için binaya aynı zamanda “duman yiyen cephe” de denmektedir.

Manuel Gea Gonzalez Hastanesi Especialidades Kulesi - Duman Yiyen Cephe:

1992’de dünyadaki havası en kirli kent olarak ilan edilen Meksiko-City’de inşa edilmiştir. Bu yeni cephe, sadece kendisini değil, aynı zamanda etrafındaki havayı da temizleme özelliğine sahiptir.[11] Buna ek olarak, çift cidarlı cephe tasarımıyla, gölgeleme elemanı gibi çalışarak iç mekan konfor koşullarına katkı sağlamaktadır.

Güneşin UV ışınları dumanlı/kirli havadan geçerek 2500 m²’lik cephedeki kaplamanın üstündeki Titanyum dioksit’e ulaştığında, kaplama ile dumanın içindeki kimyasallar (mono-nitrojen oksitler-NOx) arasında kimyasal bir reaksiyon oluşur ve dumandaki kimyasallar, gübrede kullanılan bir tuz olan kalsiyum nitrat, karbondioksit ve su gibi daha az zararlı kimyasallara ayrışır. Titanyum dioksit bu reaksiyonda katalizör olarak görev yaptığı için kendisine bir şey olmaz, dolayısıyla kaplama çıkana kadar cephede bu reaksiyonları yapmaya devam eder. Bu tip cephelere fotokatalitik cephe denir.[12]



Şekil 5. Manuel Gea Gonzalez Hastanesi’nin duman yiyen cephesi; solda genel görünüm; ortada cephenin yakından görünümü; sağda cepheden detay[12].

Binanın sadece titanyum dioksit kaplaması değil, aynı zamanda tasarım özelliği de akıllı cephe olmasını sağlar. Kaplamanın kuazi kristal (yarı kristal) geometrisi nedeniyle akıllı cephe daha çok yüzey alanına sahip olduğundan kimyasal reaksiyon daha çok oranda gerçekleşir. Cephe tasarımını gerçekleştiren firma eş-direktörü Daniel Schwaag’ın belirttiğine göre bu geometri kullanımı ile cephenin yüzey alanı %200 artmış ve aynı zamanda cephe bu geometri sayesinde her yönden gelen ışınları yakalayabiliyor[13]. Firmanın diğer eş-direktörü olan Allison Dring ise bu şekillerin rüzgar hızını yavaşlattığını ve türbülans oluşturduğunu, böylelikle kirlenmelerin aktif yüzeye daha iyi dağıldığını belirtiyor. Cephe, 2500 m²’lik alanıyla günde 1000 aracın sebep olduğu hava kirliliğini temizleyebilmektedir. [12]

Bina akıllı cephesinin sürdürülebilir özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Fosil kaynaklı yakıt tüketiminden oluşan hava kirliliğini temizleme,
- Çevreye verilen zararın azaltılması,
- Gölgeleme – iç mekan konfor koşulları,
- Binanın karbon salımını azaltması.

3.4. Diğer Akıllı Cepheleler

Tüm ele alınan akıllı cephelelerden başka bir de farklı amaçlar için kullanılan cepheleler vardır. Bu gruba, bir medya ekranı olarak kullanılan akıllı cepheleler örnek olarak gösterilebilir. İnşa edilmiş Pekin'deki GreenPix sıfır enerjili medya duvarı, Graz Sanat Müzesi ve Tokyo'daki Chanel Ginza Binası gibi örnekleri vardır. Bu çalışmada, gerek dünya üzerinde şu anki en büyük renkli LED ekran olması, gerekse hem enerji üreten hem de enerji dengeleyen akıllı cephe özelliklerini de taşıması nedeniyle GreenPix Medya Duvarı incelenecektir.

GreenPix Sıfır Enerjili Medya Duvarı:

2008 yılında inşası tamamlanan ve 2008'de Çin Halk Cumhuriyeti'nde Pekin'de düzenlenen Olimpiyatlara komşu olan Xicui Entertainment Kompleksi'nin cephesinde oluşturulan GreenPix medya duvarı, yaklaşık 2000 m²'lik alanıyla dünyanın en büyük renkli LED ekranına sahiptir[14]. Şekil 6'da görülen bu ekran, yine cephede kullanılan FV bileşenlerin güneş ışınımından ürettiği elektrik ile çalışmaktadır. FV'ler, ekranın ihtiyacının yaklaşık iki katı kadar enerji üretebilmektedirler.[14] Böylelikle cephe, enerjisini gündüz güneşten depolayan, bu enerjiyi gece kullanan, kendi kendine yeten bir sistem oluşturmakta, bu özelliğiyle sürdürülebilir bir akıllı cephe olduğunu göstermektedir.

Polikristal FV hücreler, giydirme cephenin lamine camlarının içine, tüm cephe alanında değişen yoğunluklarda yerleştirilmişlerdir. Böylelikle içeriye giren güneş ışınimleri dengelenmekte, bina fazla ısı kazanımından korunmakta, bu fazla ışınım ile de LED'ler için enerji üretilmekte ve depolanmaktadır.[15]

Görüldüğü gibi bina cephesi hem enerji üreten, hem enerji kazançlarını dengeleyen, hem de farklı bir fonksiyon -medya ekranı- üstlenen bir akıllı cephelelerdir. Böylelikle cephenin sürdürülebilirlik özelliği de artmaktadır.



Şekil 6. GreenPix Medya ekranı; solda binanın gece görünümü, sağda cephe panellerinden detay[14]

Bina akıllı cephesinin sürdürülebilir özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Gölgeleme – iç mekan konfor koşulları
- Kaynak (fosil) tüketimini azaltma
- FV paneller ile enerji üretimi
- Karbon salımının azaltılması
- Çevreye verilen zararın azaltılması
- Medya ekranı – Sürdürülebilirliğin sosyal boyutu

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ:

Bu çalışmada ele alınan binalar, cepheleriyle fark yaratan, geleceği şekillendiren/şekillendirmeye başlayan binalardır... Akıllı yapı cepheleri, artık günümüzde nanoteknoloji sayesinde neredeyse istenilen her özelliğe üretilmektedir. Özellikle duman yiyen cephe örneğinde görüldüğü gibi, nanoteknoloji boyutunda üretilen malzemeye, dolayısıyla da yapı bileşenine teoride istenilen hemen her özelliği kazandırmak mümkün olmaktadır. Böylelikle artık belki de yapıların sürdürülebilirliğinden çok yapı bileşenlerinin, özel olarak da “**yapı cephelerinin sürdürülebilirliğini**” tartışmaya başlamalıyız. Çünkü örneklerde görüldüğü gibi yapının sadece cephesi, binayı dikkate almadan kendi başına sürdürülebilir olmakta, kendi başına yapının tüm karbon salımını nötrleyebilmektedir.

Gelecekte yeni sistem ve teknolojilerin geliştirilmesiyle, bu çalışmada yapılmaya çalışılan akıllı cephe sınıflandırması genişleyerek belki de çok sayıda sınıf karşımıza çıkacaktır. Ancak bunların hepsinin ortak özelliği, **çevrelerine uyumu** ve **sürdürülebilir mimarlığı** hedeflemiş olmalarıdır. Enerji üreten, kendini/havayı temizleyen ve enerji kazanç/kaybını dengeleyen cephelerin ortak özellikleri, sonuçta “**sürdürülebilir yapı çevreyi oluşturma çabası**”dır. Diğer akıllı cepheler sınıfına giren ve günümüzde daha çok medya ekranı fonksiyonuyla karşımıza çıkan cepheler ise bu fonksiyona ek olarak enerji korunumunu da dikkate almaktadırlar.

Buna rağmen sadece medya ekranı fonksiyonuyla bile sürdürülebilirliğin sosyal ve ekonomik boyutunu karşılayabilmekte olup sadece bu özellikleriyle sürdürülebilir kabul edilebilirler. Kaldı ki GreenPix örneğinde görüldüğü gibi artık günümüzde tek fonksiyonlu cepheler yerini çok fonksiyonlu cephelere bırakmakta, dolayısıyla kaynak ve enerji kullanımını azaltan, çevreye daha az zarar veren, daha ekonomik, daha konforlu ve dolayısıyla daha sürdürülebilir cepheler üretilmektedir.

Böylelikle sürdürülebilir akıllı yapı cepheleri hiç şüphesiz geleceğin sürdürülebilir binalarının üretilmesinde mimarların en büyük yardımcısı olacaktır. Bu nedenle çok dikkatli incelenmeli, sürdürülebilir akıllı cephelerin tasarım ve yapımına çok fazla önem verilip daha fazla fonksiyon içeren ve çevreye katkısı yüksek olan cephe tasarımları geliştirilmeye çalışılmalıdır. Sürdürülebilir Mimarlığın elde edilmesi, böyle çabaların sonucu olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Orhon, A.V. (2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı, Ege Mimarlık, Aralık 2012, ss:18-21.
2. WCED. (1987). Our Common Future. Oxford: Oxford University Press.
3. Altın, M. (2013). Bir Sürdürülebilir Mimarlık Örneği: Otonom Binalar - Dymaxion Evi", Ege Mimarlık, Nisan 2013, ss: 24-29.
4. Orhon, A.V. (2013). Akıllı Yapı Kabukları, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, ss: 1481-1487, İzmir, Türkiye, 17-20 Nisan 2013.
5. “Smart Material Houses: BIQ” <http://www.iba-hamburg.de/en/themes-projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses/biq/projekt/biq.html> adresinden 04.04.2014 tarihinde alınmıştır.
6. <http://eluxemagazine.com/homes/algae-powered-architecture/> adresinden 21.02.2014 tarihinde alınmıştır.
7. “Al Bahar Towers, Abu Dhabi” (Ocak 2013) <http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/FeaturedTallBuildingArchive2012/AlBaharTowersAbuDhabi/tabid/3845/language/en-US/Default.aspx> adresinden 02.02.2014 tarihinde alınmıştır.
8. Atagündüz, D. P.-I. (1989). Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
9. Aedas, mimarın röportajı, <http://www.aedas.com/Al%20Bahr%20Towers> adresinden 04.04.2014 tarihinde alınmıştır.

7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014*
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

10. Holloway, James. "Modernizing the mashrabiya: Smart-skinned Al Bahar Towers near completion" (7 Şubat 2013). <http://www.gizmag.com/al-bahar-towers/26139/pictures#3> adresinden 04.04.2014 tarihinde alınmıştır.
11. "Breathe Easy: This Building Eats Smog" (04 Aralık 2013). <http://www.businessweek.com/videos/2013-12-04/breathe-easy-this-building-eats-smog> adresinden 07.02.2014 tarihinde alınmıştır.
12. Stone, Zack. (28 Mart 2013). "This Beautiful Mexico City Building Eats The City's Smog", www.fastcoexist.com adresinden 02.02.2014 tarihinde alınmıştır.
13. Winter, Caroline. (26 Nisan 2013). "A Building Designed to Eat Smog", <http://www.businessweek.com/articles/2013-04-26/a-building-designed-to-eat-smog> adresinden 02.02.2014 tarihinde alınmıştır.
14. Arup. "GreenPix zero-energy media wall" http://www.arup.com/Projects/GreenPix_Zero_Energy_Media_Wall.aspx adresinden 07.02.2014 tarihinde alınmıştır.
15. "Greenpix media wall by Simone Giostra & Partners" (07 Mayıs 2008). Dezeen Magazine. <http://www.dezeen.com/2008/05/07/greenpix-media-wall-by-simone-giostra-partners/> adresinden 07.02.2014 tarihinde alınmıştır.

İKLİM BÖLGELERİNE BAĞLI OLARAK ÇATI EĞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gamze Özkaptan Alptekin¹

Esra Bostancıoğlu²

Esin Kasapoğlu³

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Çevremizde yapıların büyük bölümünde eğimli çatılar kullanılmakla birlikte, çatı konstrüksiyonu genellikle son kat döşemesinin üzerine oturtulmaktadır. Bu yapılarda genellikle çatı arasında kalan mekan ortak hacim olarak nitelenerek, çok daha etkin bir biçimde yararlanılabilecekken, yapıda zemin kat altında kalan mekanlarda yer alabilecek tesisatın yerleşimine ayrılmakta ve aslında kullanım dışında bırakılmaktadır. Hem çevresel ölçekte, hem de bina ölçeğinde yapıya değer katma ve yapı kalitesini yükseltme potansiyeli olan bu mekanların kullanım dışında bırakılması, yapım maliyetleri düşünüldüğünde kabul edilemeyecek kayıplara neden olmaktadır.

Çatı aralarında kullanılabilir mekanların oluşturulabilmesi için çatı eğimleri önemlidir. Çatı eğimlerinin belirlenmesinde etkili faktörlerin başında iklimsel koşullar gelir. Çatı eğimi sınır değerleri, iklim bölgesine bağlı olarak, yıllık yağış miktarı, kar kalınlığı, rüzgar etkisi, yıllık sıcaklık farkları gibi faktörlerin yanında çevresel ve kültürel faktörlere uygun olarak belirlenmelidir. Bu çalışma kapsamında, TS825'te belirtilen dört ayrı iklim bölgesinden birer şehir seçilerek, bu şehirlerin yıllık yağış miktarı, kar kalınlığı, yıllık ortalama sıcaklıkları ve rüzgar durumu incelenmiştir. Elde edilen verilerle, seçilen şehirlerdeki mimari örneklerde kullanılan çatı eğimleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Çatı eğimi, iklim bölgesi, yağış miktarı, kar kalınlığı, rüzgar durumu.

¹ İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Ataköy Kampüsü , 02124984289, g.alptekin@iku.edu.tr

² İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Ataköy Kampüsü , 02124984284, ebostancioglu@iku.edu.tr

³ İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Ataköy Kampüsü , 02124984286, ekasapoglu@iku.edu.tr

Giriş

Yapıların üst bitişini oluşturan, çevresel açıdan kent silüetinin bir parçası, yapının dış kabuğunun bir bileşeni olan çatılar, yapının tasarımına bağlı olarak, farklı teknolojilerle, farklı yapı malzemeleri ile ve farklı biçimlerde üretilebilmektedir. Başarılı mimari uygulamalarda karşımıza çıkan özel çözümlerin yanında, pekçok uygulamada konvansiyonel çatı çözümleri ile karşılaşmaktadır. Tipolojiye, yapı alanına ve kullanıma bağlı olarak değişen konvansiyonel çatılar, düz çatılar ya da eğimli çatılar olarak çözülebilmektedir. Büyük taban alanına sahip yapılarda, eğimli çatı çözümünün rasyonel olmaması, genellikle düz çatı çözümünün tasarıma kattığı nötr ama nispeten modern etki, ve çatı yüzeyinin kullanılabilir olması, düz çatıların tercih edilmesine neden olmaktadır. Ancak düz çatılarda ısı ve su yalıtımının çok titizlikle uygulanması gerekmektedir.

Taban alanı çok büyük olmayan ve çatı yüzeyinin kullanılmasına gerek duyulmadığı durumlarda, yağışın çatı yüzeyinden daha kolay uzaklaştırılması nedeniyle eğimli çatılar tercih edilmektedir. Eğimli çatılar genellikle betonarme, çelik veya ahşap strüktürle gerçekleştirilebilmektedir. Eğimli beton dökmek mümkün olmakla birlikte zahmetli bir iştir. Buna karşılık, eğimli bir çatıyı çelik veya ahşap strüktürle oluşturmak, yapının ölü yükünün betonarmeye oranla daha az artmasına neden olacağı için, hem deprem açısından avantaj hem de yapım kolaylığı sağlar. Bunun yanında, çelik ya da ahşap eğimli çatı strüktürü oluştururken kullanılabilir iki yapım tekniği vardır; Oturtma çatı ya da asma çatı tekniği. Yaygın olarak kullanılan oturtma çatı tekniği, tasarım ve yapım kolaylığına karşın, çatı strüktürünün en üst kat tavan döşemesinin üzerine oturtulması nedeniyle, çatı arasında kalan hacimden yararlanılmasını zorlaştırır. Asma çatı tekniği ise, özel bir tasarım ve özenli bir yapım gerektirir. Çatı strüktürü, isteğe bağlı olarak, en üst katta yer alan mekandan rahatlıkla okunabilir. Bu nedenle, hem en üst kata mekansal anlamda bir zenginlik katar, hem de istenirse en üst katla bağlantılı kısmi kat alanı elde edilebilir. Eğimli çatılarda, çatı yüzeyinden çatı penceresi yapılarak doğrudan ya da ışık tüneli kullanarak bir alt kata günışığı alınabilir. Çatı altlarında kalan hacimlerin ortak alana ayrılması ile, çatı altlarının son katla ilişkilendirilerek kullanıma katılması arasında, mülkiyet açısından fark vardır. Bu nedenle çatı altlarının kullanıma katılması, tasarım aşamasında verilmesi gerekli bir karardır. Çatılarda karşılaşılan performans problemleri nedeniyle, son katların doğrudan maruz kalacağı olumsuzluklar karşısında, çatının ortak mülkiyette olması durumunda, alınacak tedbir, yapılacak bakım ve onarımların, kat mülkiyeti esasına dayalı yapılarda sorun oluşturduğu bilinen bir gerçektir. Son kat çatı aralarının kullanıma açılması, çatılardan beklenen performansın karşılanması için zorlayıcı bir etken olacak ve olası problemlerin önüne geçilerek yapı kalitesinin ve yaşam kalitesinin artmasına yardımcı olacaktır.

Çatı Eğiminin Belirlenmesinde Etkili Faktörler

Çatı eğiminin belirlenmesinde etkili faktörler başlıca, hukuksal kurallar, çevreye uygunluk, tasarım kriterleri ile iklimsel faktörler olarak dört gruba ayrılabilir. Hukuksal açıdan çatılarla ilgili belirleyici kurallar, imar yönetmeliklerinde ve belediyelerin plan notlarında yer almaktadır. 1 Haziran 2013 tarihinde yayınlanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'nin, 10. maddesinde, '*İlgili İdare meclis kararı alarak, uygun gördüğü yerlerde, yapıların estetiği, rengi, çatı ve cephe kaplaması ile ilgili kurallar getirmeye, yapıların inşasında yöresel malzeme kullanılmasına ve yöresel mimarinin dikkate alınmasına ilişkin zorunluluk getirmeye yetkilidir...*' denilmektedir [1]. Sözü edilen yönetmeliğin '*Çatılar ve Dış Görünüm*' başlığı altında yer alan 35. maddesinde ise, '*Çatıların, civarındaki cadde ve sokakların mimari karakterine, yapılacak binanın nitelik ve ihtiyacına uygun olması şarttır. Çatı eğimleri, kullanılacak çatı malzemesi ile yörenin mimari özelliği ve iklim şartları dikkate alınarak ilgili idarenin tasvibi ile tayin edilir.*' ifadeleri yer almaktadır. Görüldüğü üzere, yürürlükte olan yönetmeliğin ilgili maddeleri de, çatı eğiminin belirlenmesinde başta sözü edilen faktörlere vurgu yapmaktadır. Bu faktörlerden ikincisi olan çevreye uygunluk faktörü, yapının yapılacağı çevrenin uzman kişilerce analizi ve değerlendirilmesine dayanmalıdır. Burada analiz çalışmasının sonucunda yapılacak değerlendirme, uzmanların yorumunu içeren öznel değerlendirmelerdir. Üçüncü faktör olan tasarım kriterleri, yine tasarımcının kararı olması nedeniyle özeldir. Çevreye uygunluk ve tasarım

kriterleri faktörleri bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Dördüncü faktör olan iklimsel faktörler ise nesnel değerlendirmelere dayanmaktadır ve bu çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

Çatı eğimini etkileyen iklimsel faktörler, yıllık yağış miktarı, karın yerde kalış süresi, yıllık sıcaklık farkı ve rüzgar etkisi olarak belirlenmiştir. Türkiye, beş farklı iklim bölgesine ayrılmıştır. Bunlar; ılımlı-nemli iklim bölgesi, ılımlı-kuru iklim, soğuk iklim bölgesi, sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgeleridir. Bu çalışmada, her iklim bölgesinden bir şehir seçilerek, bu şehirlerin Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan son elli iki yıllık iklimsel verileri incelenmiş ve bu verilerin seçilen şehirlerde uygulanmış olan çatı eğim açıları ile ilişkisi ortaya konmuştur.

İklimsel Faktörlere Bağlı Olarak Seçilen İllerin Değerlendirilmesi

Türkiye'deki iklim bölgelerinden; ılımlı iklim bölgesinden İstanbul, ılımlı-kuru iklim bölgesinden Eskişehir, soğuk iklim bölgesinden Erzurum, sıcak-nemli iklim bölgesinden Antalya, sıcak-kuru iklim bölgesinden Diyarbakır şehirleri, bu çalışmada pilot şehir olarak seçilmiştir. Çatı eğimini etkileyen iklimsel faktörler olan yağış miktarı, kar kalınlığı, yıllık ortalama sıcaklıklar ve rüzgar durumu, her bir pilot şehir için, 1960-2012 yılları arasındaki verilere dayanarak incelenmiştir.

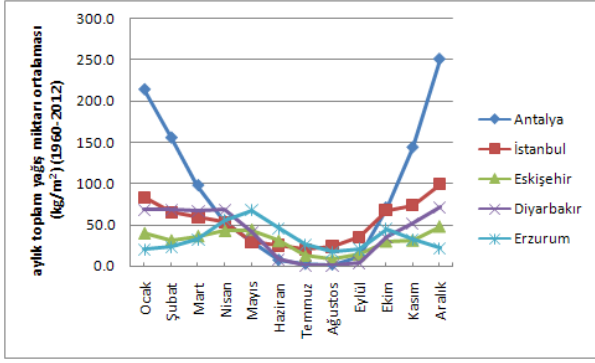
Yağış miktarı

Bir yapı arazisi için beklenen yıllık ve mevsimsel yağış miktarı, yapının çatı strüktürünün tasarımı ve inşasında, yapı malzemelerinin seçiminde ve dış duvar parçalarının detaylandırılmasında etki sahibidir [2]. Yapılan çalışmada, iklim bölgeleri için seçilen beş şehirdeki yıllık yağış miktarları değerlendirilirken, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı'nın Mart 2013'de hazırladığı "2012 Yılı Yağış Değerlendirmesi" raporu esas alınmıştır. Raporda ülkemizi temsil edebilecek seçilmiş 119 adet istasyonun aylık ve yıllık toplam yağış miktarı, yağışlı günler sayısı, günlük maksimum yağış miktarı vb. veriler; yağış dağılışı, normal ve anomali haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak hazırlanmıştır [3].

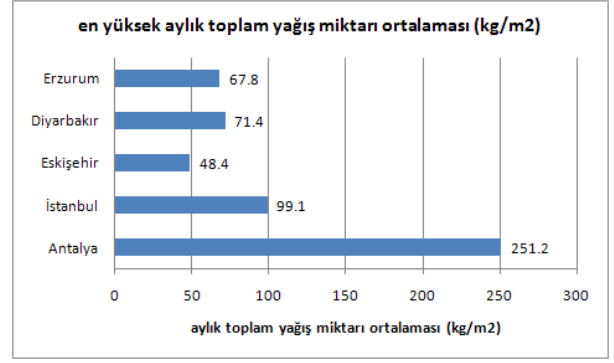
Tablo 1. Seçilen şehirlere ait aylık toplam yağış miktarı ortalaması (kg/m^2) (1960-2012)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Antalya	214.4	155.8	98.0	54.1	30.5	7.3	2.7	1.8	12.5	70.8	144.1	251.2	1043.2
İstanbul	83.4	65.5	60.2	53.3	29.3	25.8	20.9	24.5	35.8	67.9	74.0	99.1	639.7
Eskişehir	40.2	31.6	36.8	43.4	44.4	31.0	13.2	8.7	14.5	30.6	31.7	48.4	374.5
Diyarbakır	68.0	68.8	67.3	68.7	41.3	7.9	0.5	0.4	4.1	34.7	51.8	71.4	484.9
Erzurum	19.8	23.0	32.2	55.8	67.8	45.5	26.2	17.0	20.6	44.7	32.1	21.4	406.1

Seçilen şehirlere ait aylık toplam yağış miktarı ortalamaları 1960-2012 yılları arası esas alınarak, Tablo 1 ve Şekil 1'de değerlendirilmiştir. İstatistiki verilere bakıldığında, seçilen şehirler arasında en fazla yağış alan sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan Antalya'dır. Aylık toplam yağış miktarı ortalamalarına bakıldığında; Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında diğer şehirlere oranla çok daha fazla yağış aldığı görülmektedir. Gerek aylık yağış ortalamalarının toplamı değerlendirildiğinde, gerek günlük toplam en yüksek yağış miktarı değerlendirildiğinde, seçilen 5 şehir içinde en fazla yağış alan şehir olarak karşımıza çıkmaktadır. Aylık yağış ortalamalarına bakıldığında; Antalya, İstanbul, Eskişehir ve Diyarbakır Aralık ayında en fazla yağış alırken, Erzurum Mayıs ayında en fazla yağış almaktadır.



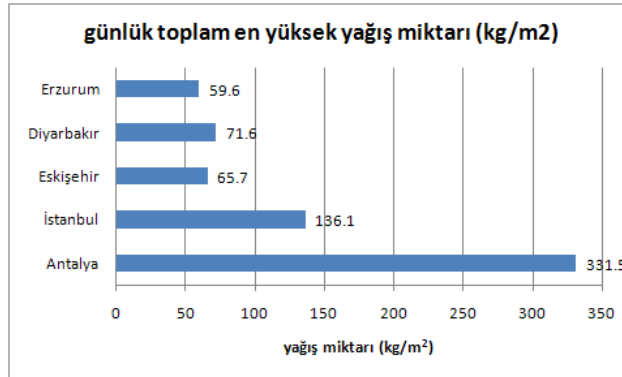
Şekil 1. Seçilen şehirlere ait aylık toplam yağış miktarı ortalaması (kg/m²) (1960-2012)



Şekil 2. Seçilen şehirlere ait en yüksek aylık toplam yağış miktarı ortalaması (kg/m²) (1960-2012)

Şehirlere ait maksimum aylık toplam yağış miktarı ortalamaları karşılaştırıldığında, en fazla yağışı Antalya, en az yağışı Eskişehir almaktadır. Antalya Eskişehir'in 5.2 katı, İstanbul yaklaşık 2 katı yağış almaktadır. Diyarbakır Eskişehir'den %48, Erzurum ise %40 daha fazla yağış almaktadır (Şekil 2).

1960-2012 yılları arasında günlük toplam en yüksek yağış miktarları değerlendirildiğinde, seçilen beş şehir içinde günlük en az yağışı Erzurum almıştır.



Şekil 3. Seçilen şehirlere ait günlük toplam en yüksek yağış miktarı (kg/m²) (1960-2012)

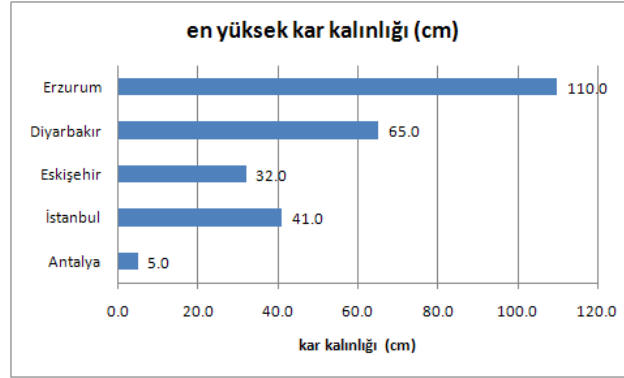
Antalya'nın Erzurum'un 5.5 katı, İstanbul'un ise Erzurum'un 2.3 katı yağış aldığı görülmüştür. Eskişehir ve Diyarbakır, Erzurum'a yakın miktarda en yüksek yağışı almıştır. (Şekil 3).

Kar kalınlığı

Çatı kar yükü, çatıdaki kar kütesinin bir metrekairelik düzleme uyguladığı ağırlıktır. Kar yükleri, yapının bulunduğu yere (binanın yapılacağı il, ilçe, ...) , inşaat alanının denizden yüksekliğine, çatının eğimine (çatının yatayla yaptığı açı-derce cinsinden) bağlıdır [4]. Kar yüklerinin tasarım ile boyutlandırma aşamalarında göz önüne alınması ve çatılarda kar birikmesi gibi özel durumların incelenmesi önem taşımaktadır. Kar biriken çatılarda, kar temizliği önceden planlanmalı ve düzenli olarak yapılmalıdır. Buz oluşması ihtimali olan çatılarda tasarım aşamasında önlemler alınmalı ve boyutlandırmada buz yükü gerekli olduğu durumlarda dikkate alınmalıdır [5].

Kar yükü hesap değeri (P_k) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik gösterir. Kar yükü (P_{ko}), hareketli yük sınıfına girer. Bunun bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır. 30⁰'ye kadar çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), kar yükü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır. Çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri, 30⁰'den daha fazla eğimler için TS 498'de verilmiştir. Kar yükü, bölgelere göre de değişmektedir. TS 498'de kar yağış yüksekliğine göre Türkiye 4 bölgeye ayrılmıştır. Zati kar yükü değerleri bu bölgelere göre değişmekte ve artış göstermektedir. TS

498'deki kar yağış yüksekliklerine göre, Antalya 1. Bölgede, Erzurum 3. Bölgede, İstanbul, Eskişehir ve Diyarbakır da 2. Bölgede yer almaktadır [6].



Şekil 4. Seçilen şehirlere ait en yüksek kar kalınlıkları (cm) (1960-2012)

Meteorolojik verilere göre, 1960-2012 yılları arasında seçilen beş şehirdeki en yüksek kar kalınlıkları değerlendirildiğinde; en az kar kalınlığına sıcak- nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya'da, en fazla kar kalınlığına da soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum'da ulaşıldığı görülmektedir. Erzurum'da ulaşılan kar kalınlığı, Antalya'dakinin 22 katıdır. İstanbul'da ulaşılan en yüksek kar kalınlığı, Antalya'dakinin 8.2 katı, Eskişehir'deki 6.4 katı, Diyarbakır'daki 13 katıdır (Şekil 4).

Yıllık Ortalama Sıcaklıklar

Yapıların biçimlenişi, bulunduğu iklimsel bölgeye bağlı olarak farklılık göstermelidir. Genel olarak soğuk bölgelerde yapı yüzey alanını minimuma indirmek, ılıman bölgelerde güneye bakan duvar alanını büyütmek, sıcak-kurak bölgelerde avlulu yapılar, su ve bitki ögelerinden buharlaşma yoluyla yararlanmak, sıcak-nemli bölgelerde ise güneşten korunmak, doğu-batı yönünde duvarları azaltmak ve buharlaşmadan yararlanmak gerekir. Soğuk ve ılıman bölgelerde eğimli çatı önerilirken, sıcak-kuru ve sıcak-nemli bölgelerde düz çatı kullanmak mümkündür [2]. Guirguis vd. tarafından yapılan bir araştırmada, düz çatılar, 40°'lik eğimi olan bir çatıya göre daha fazla ısınırlar. Yüksek eğimli çatılar, düşük eğimli çatılarla karşılaştırıldığında, yüksek eğimli çatıların, daha fazla ısı aktarımı gerçekleştirdiği görülür [7]. Çatı eğiminin artmasıyla (0°'den 40°'ye), oluşan hava akımının etkisi daha yüksek ısı aktarımı gerçekleşmesini sağlamaktadır. Hava akımının ivmesi çatı eğim açısına bağlı olarak artmakta, ve daha fazla ısı aktarımını mümkün kılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 30° (%58) eğimli çatılarda, 10°, 20° ve 40° eğimli çatılara göre, aynı yapı yüksekliğinde, çok daha iyi bir ısı aktarımı gerçekleşmektedir. Düşük eğimli çatılarda ise, mutlaka çatı pencereleri ile havalandırma yapılmasının gerektiği belirtilmektedir [7].

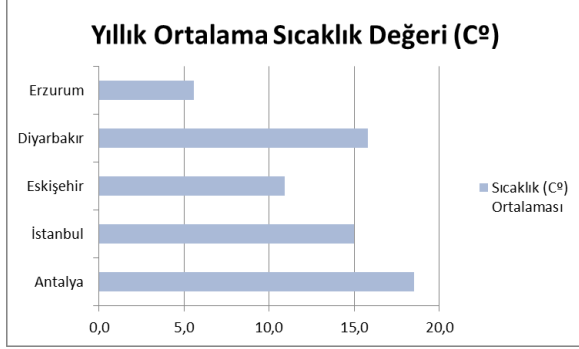
Tablo 2. Seçilen şehirlere ait aylık sıcaklık ortalaması (C°) (1960-2012)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	ORTALAMA
Antalya	9,8	10,3	12,7	16,1	20,5	25,4	28,4	28,2	24,7	20,0	14,9	11,4	18,5
İstanbul	6,5	6,5	8,3	12,7	17,5	22,1	24,4	24,2	20,9	16,4	12,2	8,7	15,0
Eskişehir	-0,1	1,3	5,1	10,2	15,1	19,1	21,7	21,4	17,2	12,0	6,2	2,1	10,9
Diyarbakır	1,8	3,5	8,5	13,8	19,3	26,3	31,2	30,3	24,8	17,2	9,2	4,0	15,8
Erzurum	-9,4	-8,1	-2,3	5,4	10,6	14,9	19,3	19,3	14,5	8,0	0,6	-6,0	5,6

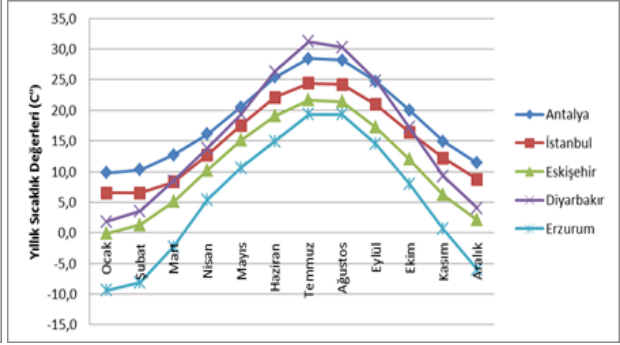
Seçilen illerdeki 1960 ile 2012 yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık değerleri Tablo 2'de incelendiğinde, sıcak-nemli iklim bölgesinden Antalya'nın diğer dört ile göre en yüksek " **yıllık ortalama sıcaklık değerine**" sahip olduğu görülmektedir. İlimli iklim bölgesinden İstanbul, ile sıcak-kuru iklim bölgesinden Diyarbakır şehirlerindeki yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin birbirine yakın düzeylerde olduğu dikkat çekmektedir. İlimli-kuru iklim bölgesinden Eskişehir bu üç iklim bölgesinden sonra dördüncü sırada gelmekte, soğuk iklim bölgesinden Erzurum diğer dört ile göre oldukça düşük bir sıcaklık derecesiyle son sırada yer almaktadır. Bu sonuçlara göre, soğuk iklim

7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

bölgesinden Erzurum ilinin diğer dört ile göre oldukça düşük bir yıllık ortalama sıcaklık değerine sahip olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 5 ve Şekil 6).



Şekil 5. Seçilen şehirlere ait aylık sıcaklık değeri ortalaması (C°) (1960-2012)

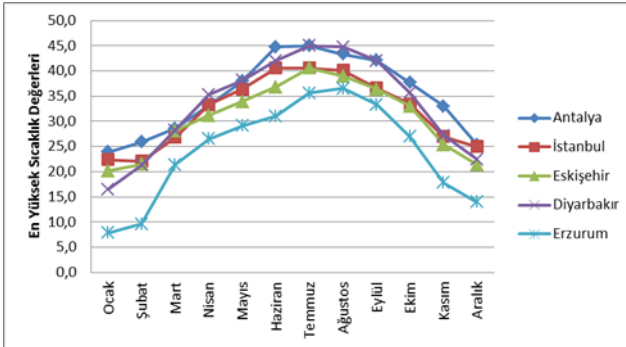


Şekil 6. Seçilen şehirlere ait aylık sıcaklık değeri ortalaması (C°) (1960-2012)

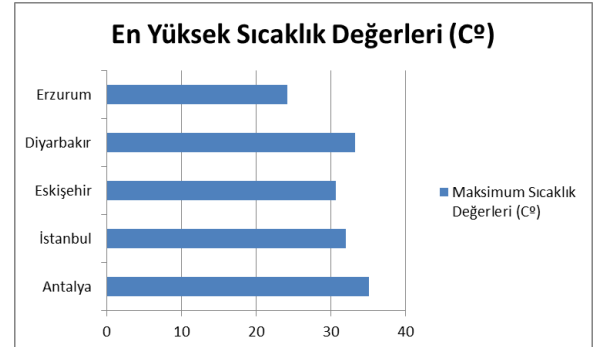
Seçilen illerdeki 1960 ile 2012 yılları arasındaki yıllık en yüksek sıcaklık değerleri ortalaması Tablo 3'de incelendiğinde, sıcak nemli iklim bölgesinden Antalya'nın diğer dört ile göre "en yüksek ortalama sıcaklık değerine" sahip olduğu görülmektedir. Sıcak-kuru iklim bölgesinden Diyarbakır ile ılımlı iklim bölgesinden İstanbul şehirlerindeki en yüksek ortalama sıcaklık değerlerinin birbirine yakın düzeylerde olduğu dikkat çekmektedir. İlimli-kuru iklim bölgesinden Eskişehir bu üç iklim bölgesinden sonra dördüncü sırada gelmekte, soğuk iklim bölgesinden Erzurum diğer dört ile göre oldukça düşük bir sıcaklık derecesiyle son sırada yer almaktadır. Burada, soğuk iklim bölgesinden Erzurum ilinin diğer dört ile göre oldukça düşük bir yıllık en yüksek sıcaklık değeri ortalamasına sahip olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 7 ve Şekil 8).

Tablo 3. Seçilen şehirlere ait aylık en yüksek sıcaklık değerleri (C°) (1960-2012)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	ORTALAMA
Antalya	23,9	25,9	28,6	33,2	38,0	44,8	45,0	43,3	42,1	37,7	33,0	25,4	35,1
İstanbul	22,4	22,1	26,8	33,3	36,4	40,6	40,6	40,1	36,6	33,5	27,0	25,0	32,0
Eskişehir	20,2	21,5	28,1	31,2	33,9	36,8	40,6	39,0	36,4	33,0	25,4	21,4	30,6
Diyarbakır	16,5	21,3	28,3	35,3	38,1	42,0	45,0	44,8	42,0	35,7	27,2	22,5	33,2
Erzurum	7,9	9,6	21,4	26,5	29,1	31,0	35,6	36,5	33,3	27,0	17,8	14,0	24,1



Şekil 7. Seçilen şehirlere ait aylık en yüksek sıcaklık değeri ortalaması (C°) (1960-2012)

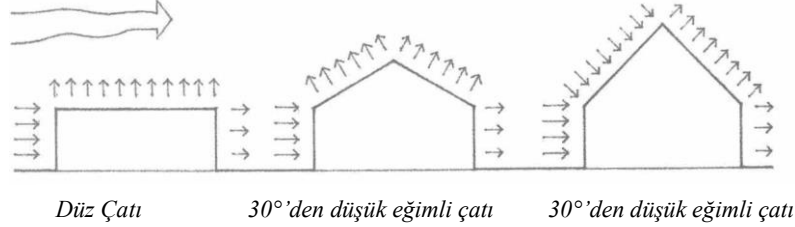


Şekil 8. Seçilen şehirlere ait aylık en yüksek sıcaklık değeri ortalaması (C°) (1960-2012)

Meteorolojik verilere göre yıllık ortalama sıcaklıklar ile yıllık en yüksek sıcaklık ortalama değerleri karşılaştırıldığında, sıralamanın değişmediği, ancak özellikle sıcak nemli iklim bölgesinden Antalya, sıcak-kuru iklim bölgesinden Diyarbakır, ılımlı iklim bölgesinden İstanbul ile ılımlı-kuru iklim bölgesinden Eskişehir kentleri arasındaki farkların azaldığı, birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Rüzgar Durumu

Yatay bir kuvvet olarak yapıya etki eden rüzgar, yapı dış kabuğunun çeşitli yüzeylerinde basınç ve emme gerilmeleri oluşturur. Rüzgarın çarptığı yüzeylerde basınç, terkettiği arka yüzeylerde ve yaladığı yüzeylerde ise emme (hız basıncı) etkileri oluşur. Rüzgar yükü, basınç, emme ile sürtünme etkilerinin bileşkesidir ve kuvveti rüzgarın hızına ve yapının geometrisine bağlıdır. Yapının konumu, yapının yer aldığı bölgede hakim rüzgar yönü ve yapının yüksekliği, oluşan rüzgar yükünü etkiler.



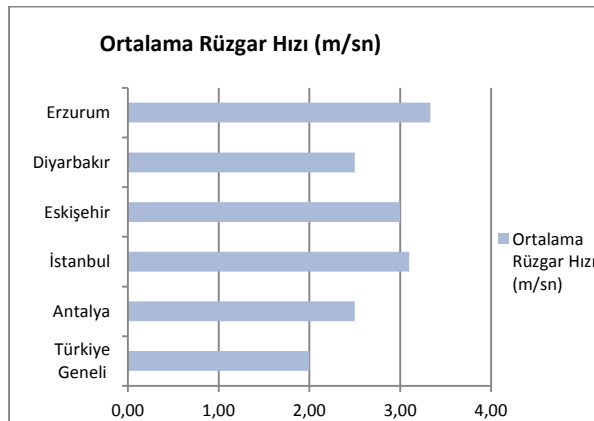
Şekil 9. Rüzgar yükünün yapı yüzeylerinde oluşturduğu gerilmeler [2]

Rüzgar yükü hesabı, Kasım 1997 tarihli, 'TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri' [6] standardında verilmiştir. Kare planlı, eğik çatılı kapalı yapılarda, rüzgar yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusunda dağıtımı,

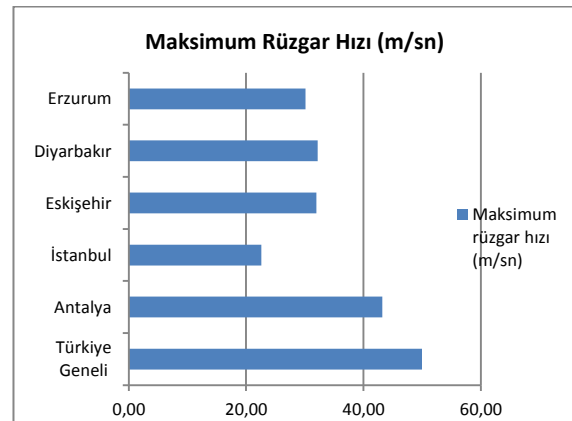
Şekil 9'da görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi, rüzgar etkisiyle düz çatıda emme gerilmeleri oluşurken, 30°'den düşük eğimli çatılarda, çatının ön ve arka yüzünde rüzgar doğrultusunda emme gerilmeleri oluşurken, daha dik çatıların ön yüzeyinde basınç, arka yüzünde emme gerilmeleri oluşmaktadır.

Rüzgar yükü, yapının ve çatı strüktürünün statik hesabında, emme kuvveti ise çatı kaplama malzemelerinin detaylandırılması ve ankraj hesabında dikkate alınır. Rüzgar yükü, özellikle çelik çatılar için birinci derecede önemli yüküdür. Çelik çatılarda, çatı örtüsü ağırlığının yanında, aşık, rüzgar bağlantıları, makas öz ağırlığı gibi çatılara etkiyen diğer öz ağırlık yüklerinin özenli bir şekilde hesaplanması gerekir [5].

Ülkemizde, standart ve yönetmeliklere girmiş herhangi bir rüzgar haritası yoktur. Rüzgar hızının yüksek olduğu bölgelerdeki önemli çatılarda, rüzgar hızının Devlet Meteoroloji İşleri Bölge Müdürlüklerinden öğrenilerek emme basıncı değerinin değişiminin belirlenmesi faydalı olur [5].



Şekil 10. Seçilen şehirlere ait ortalama rüzgar hızı ve Türkiye genelinde ortalama rüzgar hızı



Şekil 11. Seçilen şehirlere ait maksimum rüzgar hızı ve Türkiye genelinde maksimum rüzgar hızı

Şekil 10'da, seçilen şehirlerdeki ortalama rüzgar hızları görülmektedir. Ortalama rüzgar hızlarına bakıldığında, Erzurum, ortalama 3,33 m/sn hızla en yüksek rüzgar hızına sahip olarak karşımıza çıkarken, ortalama rüzgar hızı İstanbul'da 3,1 m/sn, Eskişehir'de 3,00 m/sn, Diyarbakır ve Antalya'da 2,5 m/sn olarak ölçülmüştür. Türkiye genelinde ortalama rüzgar hızı 2,00 m/sn'dir. Seçilen şehirlerdeki maksimum rüzgar hızları, Şekil 11'de görülmektedir. Türkiye genelinde maksimum rüzgar hızı, 50,00 m/sn olarak ölçülmüştür. Seçilen şehirler arasında en yüksek rüzgar hızına sahip şehir, 43,19 m/sn ile Antalya'da ölçülmüştür. Ardından, Diyarbakır'da maksimum 32,09 m/sn, Eskişehir'de maksimum 32,00 m/sn, Erzurum'da maksimum 30,11 m/sn ve İstanbul'da maksimum 22,61 m/sn rüzgar hızı ölçülmüştür. Tüm veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi istatistiklerinden alınmıştır [8].

Seçilen İllerdeki Mevcut Çatı Eğimleri ve İklimsel Verilerle İlgili Tartışma

Ülkemizde, yakın zamana kadar, özellikle bazı Büyükşehir Belediyeleri'nin İmar Yönetmelikleri'ne göre, çatıların düz çatıdan başlayarak, orta eğimin biraz üstünde (en çok %45 eğim) eğime kadar yapılmasına izin verilmekteydi. Türkiye'de çeşitli illerde, Belediyelerin ve Büyükşehir Belediyeleri'nin uygulamalarına baktığımızda, izin verilen en fazla çatı eğimlerinin %25'den başlayarak, %45'e kadar ulaştığı ve giderek %45'lik eğim uygulamasının yaygınlaştığı görülmekteydi. Bu çalışmada seçilen illerden İstanbul'da %45, Antalya'da %35 eğim ile en fazla eğime izin verilen şehirler olarak karşımıza çıkmaktaydılar. Ancak, 1 Haziran 2013 tarihinde yayınlanan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği ile, Büyükşehir Belediyeleri'nin yönetmeliklerinin iptal edilmesi sonrasında, tüm Türkiye'de uygulanacak tek bir yönetmelik ortaya çıkmıştır. Bu yönetmelikte, çatı eğimi ile ilgili olarak, 'Çatı eğimleri, kullanılacak çatı malzemesi ile yörenin mimari özelliği ve iklim şartları dikkate alınarak ilgili idarenin tasvibi ile tayin edilir..' ifadesi yer almaktadır. Belediyeler, çatı eğimi ve çatı biçimine yönelik olarak, plan notlarında kurallarını belirlemektedirler. Bu konuda, çoğu belediyede, aslında geçmişte alaturka kiremitin yaygın olarak kullanılmasından kalan alışkanlık sonucu, alaturka kiremitin uygulanabildiği optimum eğim olan %33 değeri hala karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 12. Erzurum



Şekil 13. Eskişehir

Seçilen şehirlerdeki yapı örneklerine baktığımızda, şehirlerdeki çatı eğimleri arasında pek bir farklılık görülmektedir. Bu durum, iklimsel verilerdeki farklılığın çatı eğimlerine yansımadağını göstermektedir. İklimsel veriler değerlendirildiğinde, Erzurum'un en çok kar, ancak daha az yağmur alan, en düşük ortalama sıcaklığa sahip, yıllık sıcaklık farkının en fazla şehirlerden biri olduğu (30°C), ortalama rüzgar hızının en fazla olduğu, ancak maksimum rüzgar hızının çok da yüksek olmadığı bir şehir olduğu görülmektedir. Bu verilere dayanarak, özellikle kar kalınlığının en yüksek değere sahip oluşu nedeniyle, karın kısa sürede uzaklaştırılması ve çatıya fazla yük getirmemesi açısından, Erzurum'un örnek olarak seçildiği soğuk iklim bölgesinde, çatı eğiminin fazla olmasının uygun olacağı görülmektedir.



Şekil 14. Diyarbakır



Şekil 15. Antalya

TS498’de de, 30°’nin üstündeki eğimlerde kar yükünde azaltma öngörülmüştür. Ortalama rüzgar hızının yüksek oluşu nedeniyle, statik açıdan yüzeylerde ortaya çıkan basınç ve emme değerlerine karşın, kar yükünün azaltılması olumlu bir sonuç verecektir. Tüm bu bilgiler ışığında, Erzurum için 30°’lik çatı eğiminin (%58 eğim) fiziksel performans açısından avantaj sağlayacağı söylenebilir. Bu eğim, çatı altlarının kullanılabilmesine ve yapılarda önemli oranda kullanılabilir alan artışına olanak sağlayacaktır.

Seçilen şehirler arasında, iklimsel verileri dikkat çeken diğer şehir Antalya’dır. En az kar, en fazla yağmur alan, ortalama rüzgar hızı nispeten düşük ancak maksimum rüzgar hızı en yüksek, yıllık sıcaklık farkı seçilen şehirler içinde en az, ortalama sıcaklık değeri en yüksek şehir oluşu nedeniyle Antalya’nın temsil ettiği sıcak-nemli iklim bölgesinde, güneş kontrolü ve alt katta termal performansın sağlanması koşuluyla, yıl boyu kullanılabilirliği düşünüldüğünde, teras çatı çözümü, eğimli çatıya alternatif olarak önerilebilir. Ancak, şehir çok fazla yağış aldığından, yağışın uzaklaştırılması ve özellikle çatı altındaki katta termal performansın sağlanması açısından, eğimli çatı kullanılması da avantajlı görülmektedir. Kar yükünün olmayışı, rüzgar hızının çok fazla olması nedeniyle, statik açıdan çatıya gelen basınç yükünü arttırmamak açısından fazla eğimli çatıların kullanılmasının uygun olmayacağı söylenebilir. Ancak, çatı altlarının kullanımı açısından, çatı eğiminin %33-%45 (18°-24°) arasında yapılması uygun olabilir.



Şekil 16. İstanbul

Seçilen diğer üç şehir olan İstanbul, Eskişehir ve Diyarbakır’ın iklimsel verileri incelendiğinde, birbirine yakın değerlerle karşılaşılmaktadır. Gerek kar ve yağmurun uzaklaştırılması, gerek sıcaklık değerleri ve rüzgar durumu açısından eğimli çatı kullanılmasının uygun olacağı görülmektedir. Teras çatı kullanımı, yıl boyu çok kısa dönemde mümkün olabileceğinden gerekli değildir.

Yağış miktarı göz önüne alınarak, soğuk iklim bölgesine göre daha düşük eğimli çatı yapılabileceği, ancak yine de, Diyarbakır başta olmak üzere, mevsimler arasında sıcaklık farkının az olmayışı (30°C-22°C) ve çatı altlarının kullanılabilirliği göz önüne alınarak %45-%58 (24°-30°) arası eğimlerin kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Sonuçlar

Türkiye’de iklimsel bölgeleri temsilen seçilen beş şehirdeki mevcut yapılarda kullanılan çatı eğimlerine bakıldığında, aralarında belirgin farklar olmadığı görülmektedir. Seçilen şehirler, çatı eğimini etkileyen başlıca faktörler açısından incelendiğinde, aralarında anlamlı farklılıklar olduğu açıktır.

Çatı eğimlerinin belirlenmesinde iklimsel faktörlerin göz önüne alınması, çatıların fiziksel performanslarının artırılması açısından ve yapıya gelen yükün azaltılması açısından önemlidir. Çatı eğimi belirlenirken, iklimsel faktörlerin yanında çatı altlarının kullanılabilirliği de göz önüne alınmalıdır. Çatı altlarının kullanıma katılması, hem inşa edilmiş alanların kullanıma açılarak değerlendirilmesi, hem de çatı arası ile ilişkilendirilen üst katların değerinin arttırılmasını sağlayacaktır. Yapı malzemelerinde bugün gelinen noktada, çok düşük eğimli çatılardan, çok yüksek eğimli çatılara kadar, farklı eğimlerde çatıların kaplanmasına olanak sağlayacak çeşitli malzemeler pazarda yer almaktadır. Bu olanaklar mevcutken, geleneksel yapılarda kullanılagelen çatı eğimi alışkanlıklarına bağlı kalmak bugün için bir zorunluluk değildir. Tüm bu açılardan değerlendirildiğinde, çatı eğimlerinin doğru belirlenmesi, yapı kalitesinin yükseltilmesi ve kullanıcı memnuniyetinin arttırılmasına hizmet edecek bir konu olarak değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

- [1] **Anon.**, Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 02.11.2013, Resmi Gazete Sayısı:18916.
- [2] **Ching, F.**, Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yapı Yayın, İstanbul, (2001).
- [3] **T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü**, <http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/2012-yagis-degerlendirmesi.pdf>, 05.02.2014.
- [4] **Topçu, A.**, Kar Yükü ve Çöken Çatılar, Yapı Dünyası, (7-17), Eylül, 2006.
- [5] **Seçer, M., Kural, M.E.**, Çelik Çatılara Etkiyen Yüklerin Araştırılması, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 15-16 Nisan 2010.
- [6] **Anon.**, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları 498, TSE, Ankara, Kasım 1997.
- [7] **Guirguis, N. M., Abd El-Aziz, A. A., Nassief M. M.**, Study of Wind Effects on Different Buildings of Pitched Roofs, Desalination, 209, 190-198, 2007.
- [8] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL>

CEPHELERDE YANGIN OLUŞUMU VE YAYILIMI

Sedat ALTINDAŞ¹

Konu Başlık No: 2. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

6. Çatı ve Cephe Sistemlerinde Yasal Olanaklar, Sınırlamalar ve Sigorta

ÖZET

Bina cephelerinin şekillenmesini, mimarların estetik tercihleri yanında bina yönetmelikleri de etkilemektedir. Bunlarına arasında yangından korunma yönetmelikleri önemli bir yer tutmaktadır. Yangından korunma yönetmeliklerinde cephelerle ilgili bir takım hükümler bulunmaktadır. Belirli kurallar getiren bu hükümler çoğu zaman tasarım ile yeni malzeme ve yapım tekniklerinin kullanılmasını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, cephe tasarımını kısıtlamayacak ve aynı zamanda yangın oluşumu ile yayılımını engelleyecek esnek yangın güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada bina cephelerinde yangından korunma için alınması gerekli önlemler, yasal, tasarım ve malzeme yönünden değerlendirilecektir. Değerlendirme, cephelerde oluşabilecek yangınlar ve bunların cephe boyunca yayılımını etkileyen faktörler üzerinden yapılacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER

Yangından korunma, yangında korunma yönetmelikleri, cephe yangınlar, cephelerde yangın yayılımı

¹ Yrd. Doç. Dr. Sedat ALTINDAŞ Abant İzzet Baysal Ün. Müh. Mim. Fak. Mim. Böl. Gököy Kampüsü 14280 BOLU, Tel:0 374 254 10 00 /2648, Faks: 0 374 253 45 58, sedat.altindas@ibu.edu.tr

1. GİRİŞ

Yangın, karmaşık bir olaydır. Yangın güvenliği mühendisliği, binalar için önerdikleri yangın güvenliği çözümlerinin yeterliliğini, ilgili bina ya da yapı elemanı için tasarlanmış yangın senaryolarının analizine göre değerlendirmektedirler. Analiz gerektiren uygun senaryoların tanımlanması, oldukça önemlidir [1].

Binanın tavanları/çatıları ve duvarları ile kullanılan yapı malzemeleri için çeşitli yangın tehlikeleri vardır. Cephelere bakıldığında, binalar için iyileştirilmiş ısı izolasyonu ihtiyacı, yalıtılmış ve çoğunlukla havalandırılmalı bina cephe sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasına yol açmıştır. Buradaki malzemelerin ve yapı elemanlarının davranışı, yangının özelliklerine, malzemelerin kullanım metoduna ve maruz kaldıkları çevreye bağlıdır. [2]. Cephe sistemlerinin yangın güvenliği yönünden değerlendirilmesi için cephedeki yangın yayılım yollarını ortaya koyan senaryoların iyi tanımlanması ve alınacak önlemlerin açık bir şekilde ortaya konması gereklidir.

2. CEPHELERDE YANGININ YAYILMASI

Yangın binalarda çok farklı şekilde yayılabilir. Bu yayılma yolları arasında cepheler önemli bir yer tutmaktadır. (Şekil 1). Yangın anında cephedeki yapı elemanları yangın gazları ile doğrudan temas halinde ise ısı, ışınım ve yayılma yolu ile bu yapı elemanının maruz kalan yüzeylerine iletilir. Yapı elemanı alevlerden ve sıcak gazlardan belirli mesafede ise (örneğin, komşu binadaki yangına maruz kalınması durumunda) “maruz kalan” yüzeyler ışınım yolu ile ısıtılabilir. Her iki durumda da, ısı, sıcak yüzeyden yapı elemanının derinliklerine ısı iletim yolu ile aktarılır[3].

2.1. Yangın Yayılım Yolları

Cephelerdeki yangın yayılım yolları incelendiğinde (Şekil 1) aşağıdaki olasılıkların olduğu görülür[3]:

(I) Yangının, yapısal bütünlüğün veya ısı yalıtımının hasara uğraması nedeniyle döşeme ve duvar elemanı arasında yangından önce olabilecek veya yangın sırasında elemanların hareketinin uyumsuzluğundan dolayı oluşabilecek boşluklardan geçerek yayılması (Şekil 1.j).

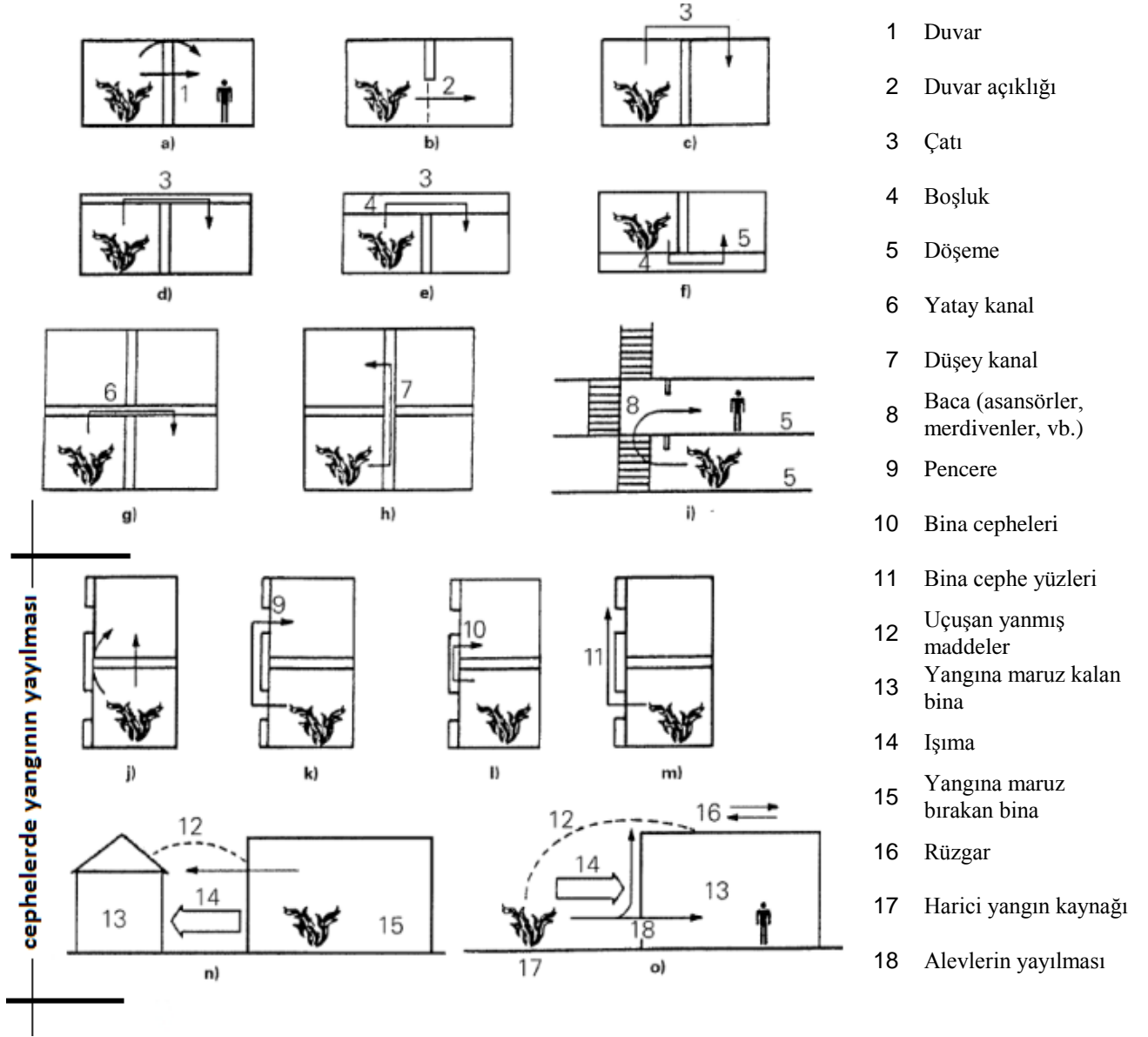
(II) Yangının, dış duvardaki pencereler veya diğer açıklıklardan üst seviyelere yayılması:

(a) Alt kotlardaki pencere ve/veya açıklıklardan çıkan ve yeterli miktarda ısı akışı oluşturacak boy ve şiddete sahip alevlerin (ve sıcak gazların) daha üst kotlardaki malzemelerin tutuşmasına neden olması (Şekil 1.k), Bu durum, cephe yüzeylerindeki yanabilir malzemelerin katkısı olmaksızın gerçekleşebilmektedir.

(b) Cephe yüzeylerindeki yanabilir malzemelerin, alevlerin bina üzerinde düşey doğrultuda yayılmasına neden olması (Şekil 1.m). Bu senaryoda, alevlerin alt kattaki bir odanın dış duvarındaki pencere veya diğer açıklıktan ortaya çıktığı varsayılmaktadır.

(III) Yangının, yapı cephelerinin arkasından veya içerisinden üst kotlara doğru yayılması (Şekil 1.l).

(IV) Komşu bir binadaki yangından (Şekil 1.n) ya da bina dışındaki harici bir yangın kaynağından (Şekil 1.o) binaya ışınım yolu ile ısı transferi, doğrudan alev çarpması ve/veya uçuşan yanmış maddeler vasıtasıyla yayılması.



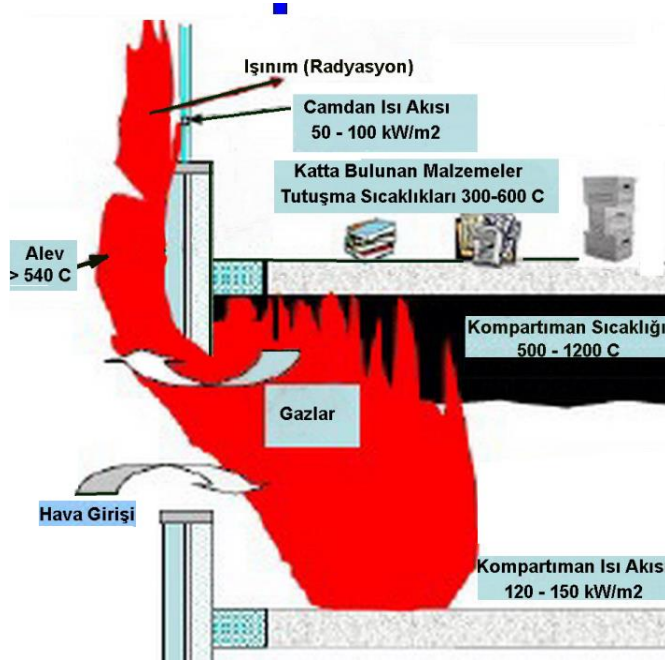
Şekil 1. Binalarda sıklıkla gerçekleşen bazı yangın yayılma güzergahları [3].

2.2 Yangının Tipi

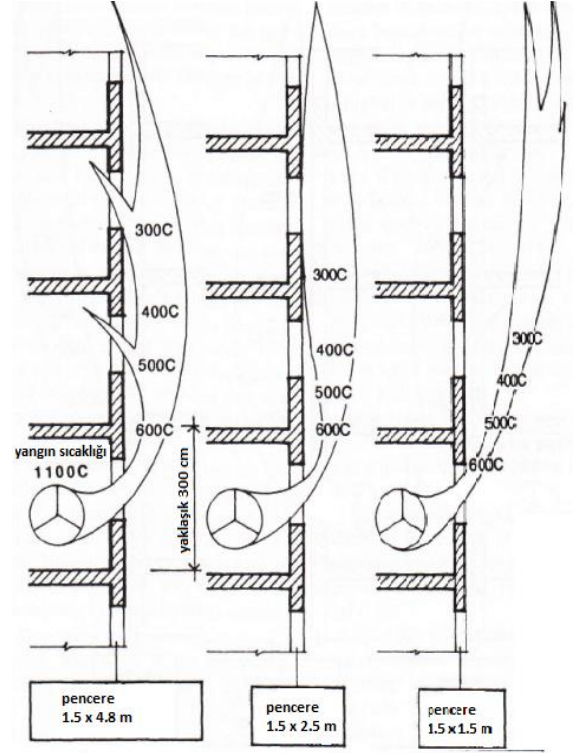
Cephe yangınları için, çeşitli tasarım yangın senaryolarına ihtiyaç duyulabilir. Bu yangın senaryoları, “kapalı hacim yangını” olarak **dahili** veya “komşu binadaki yangın” ile “cephe ve çevresinde oluşacak yangın” olarak **harici** olabilir.

Cephe yangınlarında, **dahili** bir yangın durumu (Kapalı hacimde çıkan bir yangının bina ön cephesine doğru pencereden dışarı çıkması), genellikle en şiddetli ve aslında en önemli durumdur[2]. Kapalı bir hacimdeki tam gelişmiş yangınlarda, yangın olan hacimde sıcaklık 500°C değerinin üzerine çıkar ve ortamdaki yanıcı madde miktarına ve yangın yüküne bağlı olarak 120-150 kW/m² ısı üretilir. Pencerelerin kırılmasıyla açıklıklardan cepheye ulaşan alev, üst katın penceresini yalayarak ısıtır, patlatır ve yangının üst kata geçmesini sağlar. Üst kattaki yangın bir üst kata sirayet eder ve yangın cephe boyunca ilerler [4] (Şekil 2). Bu tip yangınlarda, **pencere (açıklık) boyutu ve şekli** (Şekil 3), **hacmin büyüklüğü ve şekli** ile **duvar ve tavan kaplamalarının ısı özellikleri** önemli kriterlerdir.

Örneğin, hacmin derinliği arttıkça, yangın daha sıcak olmaya başlar. Çünkü yangın yakıt kontrollü hale geldiğinde, pencerelerden gelen hava akımının soğutma etkisi azalır. Ayrıca, odanın büyüklüğü, çoğunlukla yakıt miktarının bir belirleyicisidir. Bu nedenlerden dolayı, düşük bir yanma şiddeti en az derinliğe sahip olan küçük hacimler tarafından sağlanır. Bu koşullar ise çoğu zaman mimari program gereksinimlerinin tam tersi olmaktadır [5]



Şekil 2. İç Hacımdaki Sıcaklık ve Isı Akısı [4]



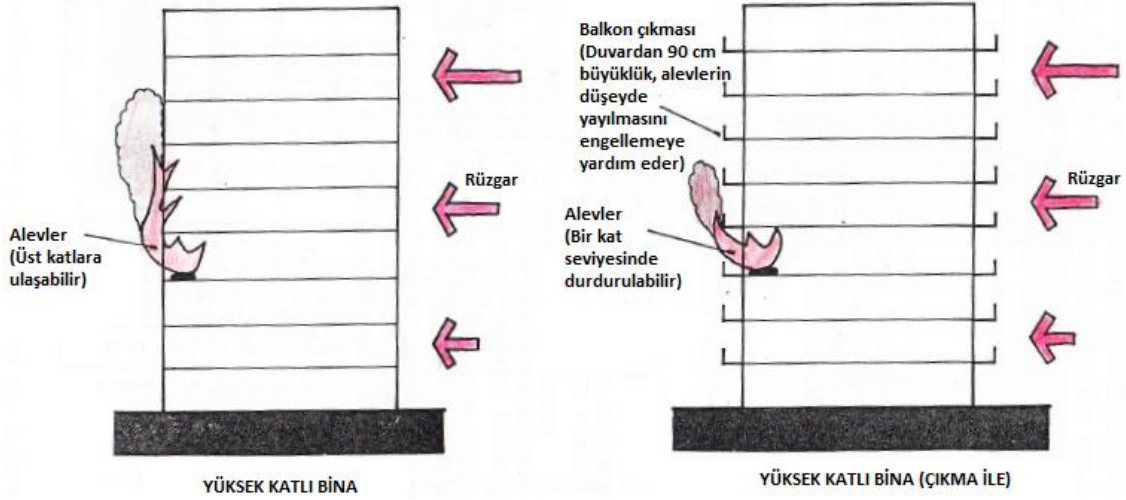
Şekil 3. Pencere geometrisinden kaynaklı alev profili ve sıcaklığı (1.5 m) [5]

3. CEPHELERDE YANGIN YAYILIMININ ENGELLENMESİ

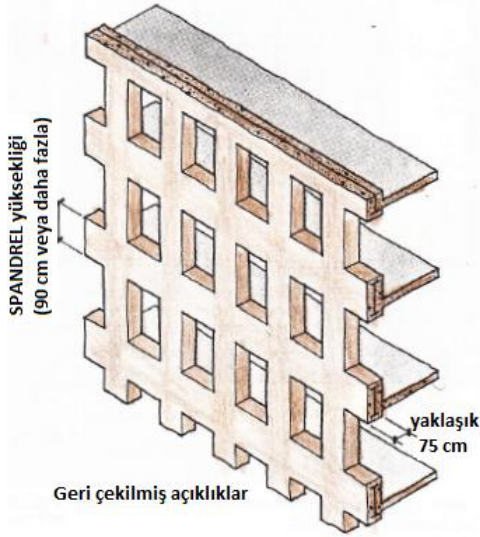
Cephelerde yangının yayılabileceği olası güzergâhlar 2. Bölüm'de gösterilmiştir. Yangına güvenli bir cephe tasarımı için, bu yollarda alev ve sıcak gazların yayılması engellenmelidir. Bunun için, cephe malzemeleri, cephe tasarımı, yapım ve kullanım aşamalarında belirli önlemler alınmalıdır. Yangın yayılım yollarına göre cephelerde alınması gereken aşağıda kısaca açıklanmıştır.

(I) Yangının, döşeme ve dış duvar arasında geçişin engellenmesi için cephe ile döşemenin birleşme noktalarının **yangına dirençli** bir şekilde düzenlenmesi gereklidir. Türkiye'de cephe elemanları ile alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerlerin, alevlerin komşu katlara atlamasını engelleyecek şekilde döşemenin yangına direnç süresi kadar yalıtılması zorunlu tutulmaktadır[6](Şekil 12). Diğer ülke yönetmeliklerinde de benzer önlemler yer almaktadır (Şekil9).

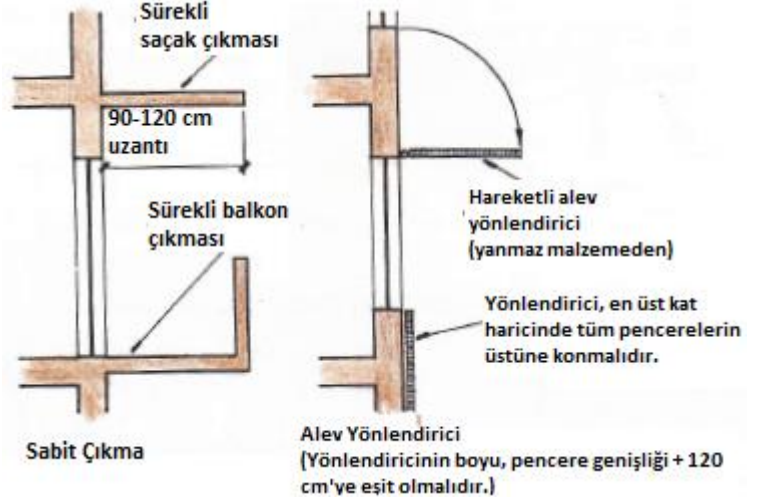
(II) Yangının, dış duvardaki pencereler veya diğer açıklıklardan üst seviyelere yayılmasının engellenmesi, cephe yüzeylerindeki malzemelerin yanmaya katkıda bulunup bulunmamasına göre iki alt başlıkta incelenebilir.



Şekil 4. Yüksek binalarda alevin, spandrel olması ve olması durumunda yayılışı [10].

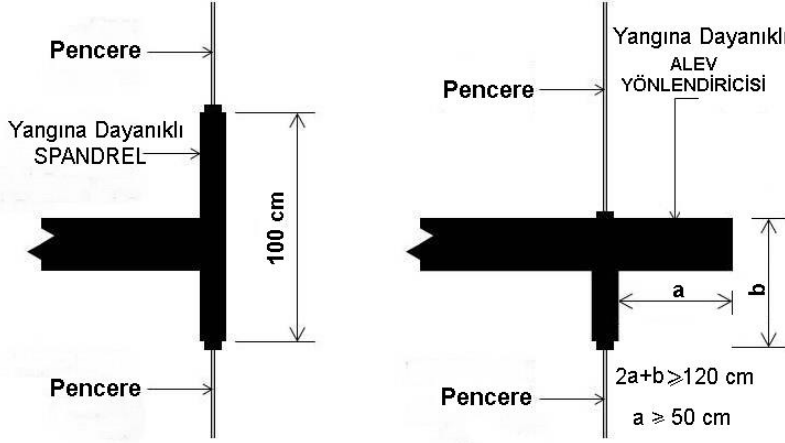


Şekil 5. Cephelerde spandrel uygulamaları [10].



Şekil 6. Sabit ve hareketli spandrel uygulamaları [10].

(II.a) İç kısımda çıkan bir yangının, cepheden üst katlara geçişinin engellenmesi ya da yavaşlatılması için, cephedeki alevlerin üst katlardaki malzemelerin tutuşmasına neden olacak kadar yeterli miktarda ısı akışı oluşturmasını engellenmelidir. Bunun için çeşitli yöntemlerin uygulandığı görülür (Şekil 4,5,6). Örneğin, üst üste iki katın pencereleri arasında yangına dayanıklı bölüm oluşturulur veya yangına dayanıklı yönlendirici ile alev üst kat cephesinden uzaklaştırılır. Spandrel denilen bu elemanların yüksekliği ve yönlendirici uzunluğu, yapının kullanım amacına bağlı olarak değişir. Genellikle 100 cm ila 150 cm arasındaki spandrel yüksekliğine ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 7) [4]. Birçok durumda yüksek katlı binalarda spandrel yüksekliği yaklaşık 100 cm civarında yapılmaktadır. Bu boyuttaki spandrel kullanılarak, yukarı doğru alevin yayılması belli bir dereceye kadar engellenebilir, fakat tamamen engellenemez [4] (Şekil 4). Buralarda aktif yangın önlemlerin alınması gerekir.



Şekil 7. Spandrel yüksekliği ve yönlendirici uzunluğu [4]

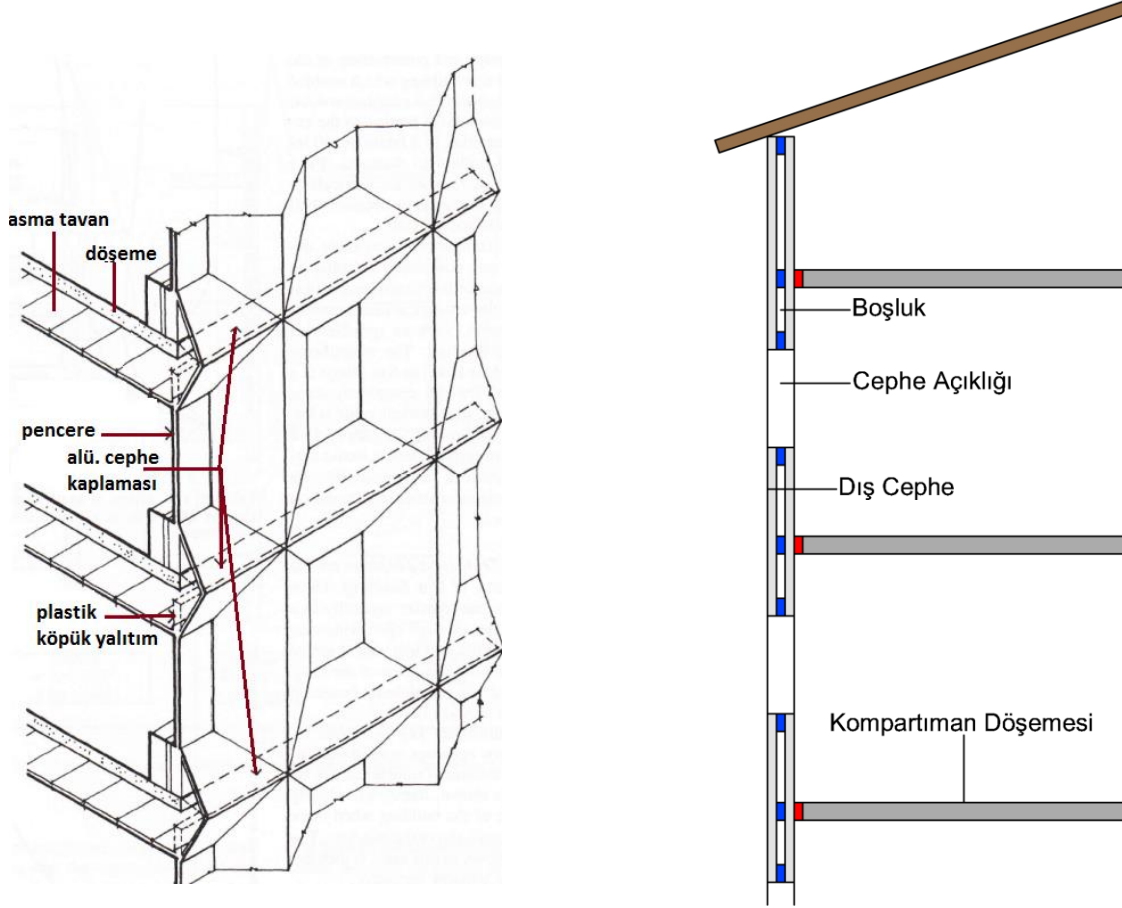
Yangın bariyeri olarak spandrel gibi uygulamalar farklı cephe tasarımlarını kısıtlar. Bu nedenle tasarımcıya daha fazla alternatif sunulmalıdır. Bu durum BYKHY’de dikkat alınmıştır. Buna göre “Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elamanıyla dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1.5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur” hükmü getirilmiştir.

(II.b) Cephe yüzeylerindeki yanabilir malzemeler, alevlerin bina üzerinde düşey doğrultuda yayılmasına neden olabilir. Bu durumda dış cephe kaplamaların yangına tepki performansı (yanıcılık) ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, ulusal ya da uluslararası çeşitli deney yöntemleri ile cephe kaplamalarının yangın performansları değerlendirilebilmektedir. Bu deney standartlarından TS ISO 13785, bir pencere boşluğundan çıkan ve bina ön cephesi üzerine doğrudan etki eden alevlerle yapay şekilde oluşturulan ve bir dahili (kapalı hacim) yangını temsil eder tarzda ısıya ve aleve maruz bırakıldığında, bina ön cephesindeki kaplamalarının, malzemelerinin ve yapısının yangına tepkisini belirlemek için uygulanacak bir deney metodunu kapsar [2] [7]. Balkonlar, pencereler, pencere kepenkleri, tenteler vb. ayrıntılar, bu deneyde dikkate alınmaz. [7].

BYKHY’de cephe yüzeylerindeki yanabilir malzemeler, alevlerin bina üzerinde düşey doğrultuda yayılmasını sınırlandırmak üzere “Dış kaplamalar, 2 kata kadar olan binalarda en az normal alevlenici, yüksek bina sınıfına girmeyen binalarda zor alevlenici ve yüksek binalarda ise zor yanıcı malzemeden yapılır.” hükmü getirilmiştir.

(III) Yangın, yapı cephelerinin arkasından veya içerisinden üst kotlara doğru yayılmasının engellenmesi, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Binanın bir alt sisteminde ortaya çıkan ve gelişen bir yangın tehlikesi, özellikle binanın diğer alanlarında alınan yangından korunma önlemlerine rağmen, binanın tüm kısımlarına yangının yayılmasını destekleyen bir yapı haline gelebilir. Örnek olarak, Manhattan’da 54 katlı bir ofis binasında (New York Plaza), havalandırma kanalında çıkan küçük bir yangın, dış kabuk tasarım ve yapısı nedeniyle kontrol altına alınmayarak yayılmıştır. Cephe sisteminde, cephe ile döşeme arasında bir köprü vazifesi gören yalıtım malzemesinin yanması sonucu yangın, dikey bir geçide kavuşmuş ve alüminyum kaplama boyunca yapısal cephe ve dış kaplama arasında kolayca yanmayı başarmıştır. Hızla binanın büyük bir kısmını etkilemiş, 3 ölüm, 30 yaralanma ve 10 milyon \$ hasarla sonuçlanmıştır (Şekil 8). Bu tip bir yangında, yangın yayılım yolları çoğu zaman tahmin edilemediğinden itfaiyeceler için özellikle büyük problem teşkil ederler [5]. Bu nedenle, cephelerde yoğunlaşma vb. nedenlerle oluşturulan boşlukların belli aralıklarla yangın durdurucu malzemelerle kesintiye uğratılması gereklidir.

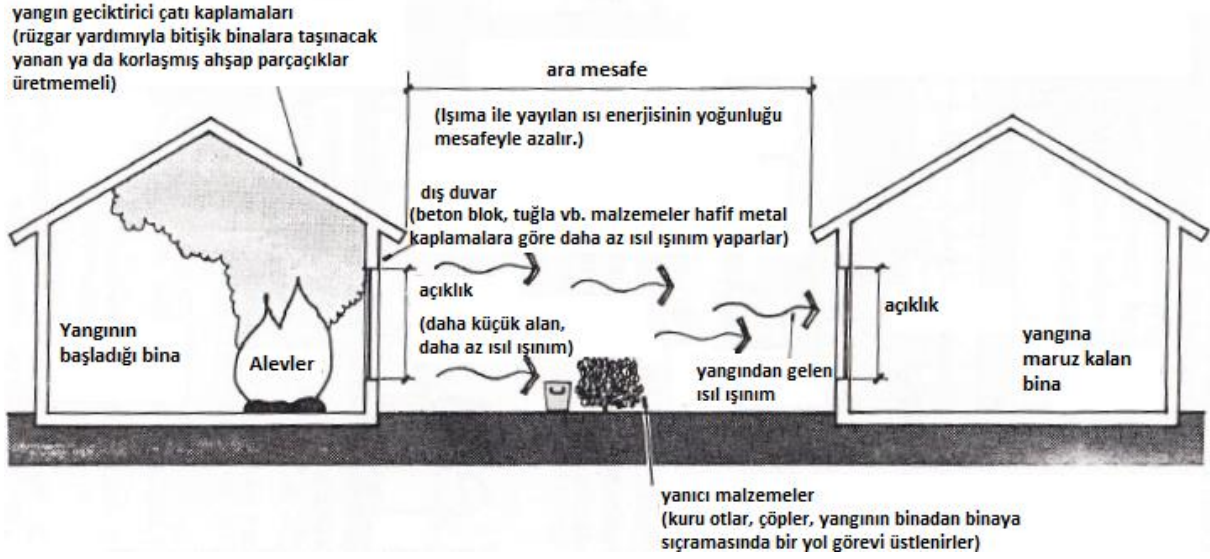
BYKHY incelendiğinde bu kapsamda diğer ülkelerin aksine yeterli bir hüküm bulunmadığı görülmektedir. Örneğin, İngiliz Yönetmeliğinde[8] kompartıman döşemeleri ile duvar birleşimlerinin, kompartımanın yangın dayanımına benzer dayanıma sahip olacak şekilde yangın durdurucu olması istenmektedir. Cephe kaplamaları arasındaki boşluklar ve döşeme ile pencere boşluklarının başlangıç ve bitiş hizalarının da boşluk bariyeri olarak düzenlenmesi ve sınıfının; **E 30** ve **EI 15** olması istenmektedir(Şekil 9). Dış duvarların yangına dayanım performans sınıfının ise binanın yangına dayanım süresi ile ilişkili olarak **RE** olması ayrıca **I 15** olması gerekmektedir [9]



Şekil 8. New York Plaza, dış cephe[5].

Şekil 9. Boşluk bariyerlerinin düzenlemeleri [9]

(IV) Harici bir kaynaktan çıkan yangın nedeniyle, cepheler etkilenerek, yangın yayılımına katkı sağlayabilir. Bu durumun engellenmesi için harici kaynağa göre önlemler alınmalıdır. Harici kaynak başka bir bina yangını olabilir. Bu durumda binadan binaya ışıma yolu ile ısı transferi, doğrudan alev çarpması ve/veya uçan yanmış maddeler vasıtasıyla yayılabilir [3] (Şekil 10). Yanan binada sıcaklığın yükselmesi ile ısı enerjisi ışınım (radyasyon) ve taşınım yoluyla çevreye yayılmaya başlar. Rüzgarın etkisiyle taşınan ısı, yanıcı cephenin tutuşmasını sağlar. Rüzgar olmasa bile yüksek sıcaklıkta oluşan ısı ışınımı yakın cepheyi ısıtarak tutuşturabilir. Cephe atmosfere açık olduğu için tutuşma sıcaklığına ulaşmayabilir, fakat ısı ışınımı, alev sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılı olarak pencerelerden içeri girerek içerideki eşyaları tutuşturabilir ve komşu binada yeni bir yangın başlatabilir. İçerideki yangının büyümesiyle cam patlar ve ısınmış olan cephe kısa sürede tutuşarak birinci yangından daha büyük yangınlar oluşturabilir[4]. Bu yayılma yolları, farklı önlemler alınarak engellenebilmektedir (Şekil 11).



Şekil 10. Yangının komşu binalar arasında yayılması [10].

BYKHY'e göre dış duvarlar için REI¹ özelliği aranmaktadır. Dış duvarlardan istenen R özelliği; yük taşıma kapasitesi olduğu için yük taşıyıcı yapı elemanlarından beklenen bir özelliktir [11]. yük taşıyıcı olmayan dış duvarların yangına dayanım performans sınıfı olarak EI (bütünlük ve yalıtım) yeterli olacaktır. Parsel sınırına 2 m.den daha yakın cephelere ait duvarların test edilmesinde EI özelliğinin "iç" ve "dış" olarak duvarın her iki taraftan test edilmekte, bu mesafeden daha uzak cephelerde ise sadece iç yüzeyden test edilmesi, yeterli kabul edilmektedir. Görüldüğü üzere dış duvarların bir yangın durumunda alevlerin içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye geçişini engellemesi beklenmektedir. Eğer dış duvar, parsel sınırından 2 m.den daha uzak mesafede ise sadece içeriden dışarıya alevlerin geçişini engellemesi, yeterli kabul edilmektedir. Böylece yakın mesafelerde, binalarda çıkan yangınların diğer bina cephelerini tutuşturarak binanın içine nüfuz etmesinin engellenmesi amaçlanmıştır [9].

Yangına maruz kalan binadaki açıklıkların (korunumsuz yüzeyler ve pencerelerin), toplam cepheye oranı önemlidir. Özellikle iki bina arasındaki mesafenin belirlenmesinde bu durum dikkate alınır [10]. Bu kapsamda, ülke mevzuatlarında binalar arasındaki mesafeler için çeşitli hesaplamalar ya da tablolar oluşturulmuştur. Ancak, BYKHY'de bu şekilde bir düzenleme bulunmamaktadır.

Bina dışındaki bir yangın kaynağı olarak örneğin cepheye bitişik bir cihazda başlayan yangın ya da zemin seviyesinde bulunan bir maddenin tutuşması veya tutuşturulmasıyla da cephe yangını başlayabilmektedir. Bina çevresindeki bir yangında, yanan uçucu parçacıkların rüzgarın etkisiyle cepheye isabet etmesi ve tutuşturmasıyla da cephe yangınlarının başladığı görülmüştür. BYKHY'de bu kapsamda alınmış ayrıntılı bir hüküm bulunmamaktadır.

¹ R - Yük Tasıma Kapasitesi (Load-bearing Criterion): Yıkılmaya veya aşırı eğilmeye karşı yapı elemanının gösterdiği dirençtir. Kısaca, yapı elemanının yangın etkisinde belli süre yapısal kararlılığını (stabilite) koruma kapasitesidir.

E - Bütünlük (Integrity) : Yapı elemanının alev etkisinde kalan yüzeyinden diğer yüzeye olan sıcak gaz ve alev geçişine gösterdiği dirençtir.

I - Yalıtım (Insulation) : Yapı elemanının, alev etkisinde kalmayan yüzeyindeki yoğun sıcaklık artışına karşı gösterdiği dirençtir. Kısaca, yapı elemanının yangın etkisinde kalan taraftan diğer tarafa ısı transferinde önemli bir ısı aktarımı olmadan, yalnız bir taraftan yangın etkisinde kalmasının sağlanmasıdır [12].

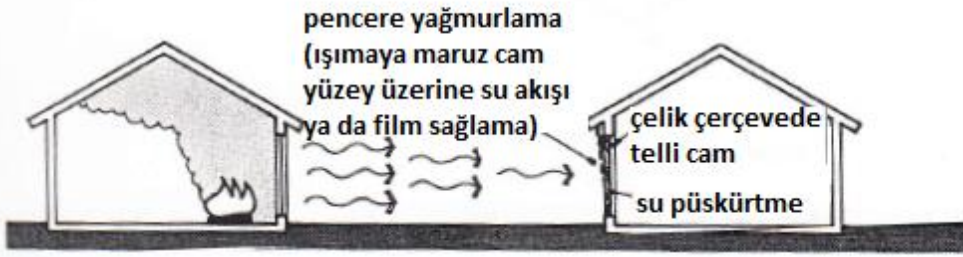
Ara Mesafe

Yangın tehlikesi, arazi özellikleri gibi durumlara bağlıdır.



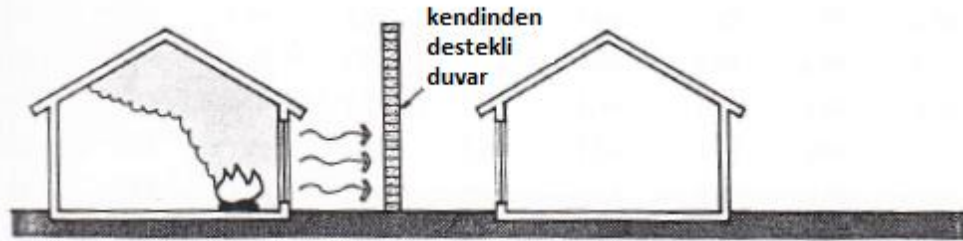
Cephede Yağmurlama

Binanın dış yüzeyinin, iç kaplamasının ve içeriğinin tutuşmasını önlemek.



Bariyer

Bitişik binalar arasında beton, tuğla veya blok duvar kalkan.



Açıklık Yok

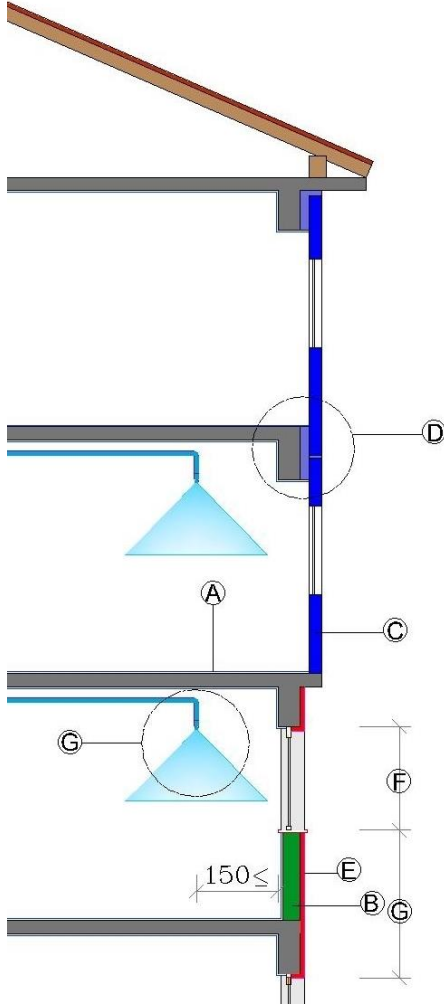


Şekil 11. Komşu binalar arasında Yangının yayılmasının engellenmesi [10].

4. ULUSAL YANGIN YÖNETMELİĞİ (BYKHY)

Ülkemizde Yangın Yönetmeliği olarak Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) yürürlüktedir. BYKHY'de [6] tasarımı kısıtlamamak amacıyla binayı oluşturan yapı

elemanları için tanımlar yapılmasından kaçınılmıştır. Bu doğrultuda dış cephelerle ilgili herhangi bir tanımlama yapılmamıştır. BYKHY’ye baktığımızda kullanım amacı ve yerine göre **dış duvarlar**, **dış cepheler** ve **dış kaplamalar** olmak üzere üç ayrı terimin kullanıldığı ve bunlara yönelik yangından korunma önlemlerinin alındığı görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. BYKHY’ye göre dış cephelerde yangından korunma önlemleri [9]

Pasif Önlemler			
Yangına Direnç			
	Yapı Elemanı	Yük taşıyıcı	Yük taşıyıcı olmayan
A	Döşeme	REI	--
B	Dış duvar	REI	EI
C	Dış cephe	---	EI
D	Döşeme – Duvar birleşimi	---	EI
E	Korumasız boşluk	---	---
Yangına Tepki			
	Yapı Malzemesi	Yüksek bina sınıfına girmeyen	Yüksek bina
C	Dış cephe	Zor alevlenici	Zor yanıcı
E	Dış kaplama	(≤ 2 kat) Normal alevlenici	Zor alevlenici Zor yanıcı
F	Korumasız boşluk	--	---
Aktif Önlemler			
G	Otomatik yağmurlama sistemi	Yangına dayanıklı dolu yüzey (G)= 100 cm olmaması durumunda cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1.5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilir.	

5. SONUÇ

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan yüksek bina cephe yangınları, kamuoyunun dikkatini çekmiştir. Ancak, konu hakkındaki bilgi eksikliği nedeniyle, tasarımcılar, uygulayıcılar ve denetleyiciler tarafından çoğu zaman doğru değerlendirmeler yapılamamaktadır. Yangına güvenli cephe tasarımı için yanmaz cephe kaplaması kullanılması gibi tek bir önlemin yeterli olacağı öngörülmektedir. Fakat, binanın yüksekliği, konumu, işlevi vb. özellikler doğrultusunda, bu çalışmada incelenen yangın yayılım yollarına yönelik bir takım güvenlik önlemlerinin daha alınması gerekmektedir.

BYKHY, binalarda yangın güvenliğini hükümsel kurallarla sağlamaya çalışmaktadır. Cephelerde yangın güvenliği kapsamında yönetmelik değerlendirildiğinde, önceki bölümlerde 4 ana başlıkta incelenen yangın yayılım yollarından (I),(II.a) ve (II.b) için yeterli hükümlerin bulunduğu görülmektedir. Ancak (III) ve (IV) için yönetmelikte ayrıntılı hükümler bulunmamaktadır. Özellikle (III) “Yangın, yapı cephelerinin arkasından veya içerisinden üst kotlara doğru yayılmasının engellenmesi”ne yönelik tasarım kurallarının en kısa sürede yönetmelikte yer alması gereklidir. Giderek artan sayıda uygulanan farklı cephe tasarımları da bu durumu doğrulamaktadır.

6. KAYNAKLAR

- [1] TSE ISO/TR 13387-2, “Yangın Güvenliği Mühendisliği – Bölüm 2: Tasarım Yangın Senaryoları ve Yangınları”, TSE, Ankara, (2009).
- [2] TS ISO 13785-1, “ Bina Cephe ve Ek Kaplamaları İçin Yangına Tepki Deneyleri – Bölüm 1: Orta Ölçekli Deney” , TSE, Ankara, (2005).
- [3] TSE ISO/TR 13387-6, “Yangın Güvenliği Mühendisliği -Bölüm 6: Yapısal Tepki ve Yangının Kaynaklandığı Kapalı Hacimden Etrafa Yayılması” , , TSE, Ankara, (2010).
- [4] KILIÇ, A., “Cephe Kaplamaları ve Cephe Yangın Güvenliği”, , Cephe Tasarımında Yangın Güvenliği ve Malzeme Seçimi, YEM Etkinlik, 16 Ekim 2012, İSTANBUL, YTONG Aktüel, Eylül 2012, Sayı:24, sf.10
- [5] PATTERSON, J., “Simplified Design For Building Fire Safety”, Wiley-Interscience, (1993).
- [6] “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” Resmî Gazete, 19.12.2007, Sayı:26735 (Değişik: Resmî Gazete, 09.09.2009, Sayı:27344), ANKARA.
- [7] TS ISO 13785-2, “Bina Cephe ve Ek Kaplamaları İçin Yangına Tepki Deneyleri – Bölüm 2: Büyük Ölçekli Deney” TSE, Ankara, (2005).
- [8] “Approved Document B (Fire safety)”, NBS, Communities and Local Government, UK, (2006)
- [9] ALTINDAŞ S., DEMİREL F., “Dış Cephelerde Yangından Korunma Önlemleri" TÜYAK 2011 Yangın ve Güvenlik Sempozyumu, (2011),
- [10] EGAN, M.D., “Concepts in Building Fire Safety”, A Wiley–interscience publication, (1978).
- [11] DEMİREL, F., ALTINDAŞ, S., “Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Performanslarının Avrupa Birliği Direktiflerine Göre Sınıflandırılması ve Konunun Türkiye – Avrupa Genelinde İrdelenmesi” Politeknik Dergisi, 8 (4): 381-395 (2005).
- [12] TS EN 13501-2 “Yapı malzemeleri ve bina elemanları - Yangın sınıflandırılması - Bölüm 2: Yangına dayanım deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma (Havalandırma tesisatları hariç)”, TSE, Ankara (2003).

Enerji Verimli Yapı Kabuğunun Yangın Anındaki Davranışı:Cephe Yangınları

Nilay Özeler Kanan¹

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Sürdürülebilirliğin inşası dünya genelinde yüksek ve alçak katlı binalar, altyapı ve ulaşım sistemlerinin, çevre koruma ve enerji tüketimi konularındaki endişeleri gidermek için değerli ve gerekli bir hedef olmuştur. Yangın güvenliği ise enerji verimliliği, çevresel koruma ve sürdürülebilir tasarım ve yapım konularının daha da üstünde bir konu olup tüm bu çalışma alanına dahil olan hususları kapsar hale gelmiştir.

Ülkemizde de hızla sayıları artan alçak katlı yapı stoğu ve yüksek katlı yapılarda kullanılan enerji verimli uygulamalar için yangın tehlikesinin önemi her geçen gün artmaktadır. Yönetmeliklerimizin yeni oluştuğu ve denetim sisteminde aksaklıkların olduğu ülkemizde yapılarımızın yangın güvenliği konusunda binaların proje, yapım ve kullanım aşamalarında denetlenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda; çalışma ile enerji verimli yapı kabuğu açısından tercih edilen giydirme cephe (tek katmanlı), çift kabuk giydirme cephe (çift katmanlı) ve Türkiye’de kullanımının oldukça talep gördüğü yine tek katmanlı cephe olarak nitelendirilebilecek mantolama cephe sistemlerinin yüksek (high-rise) ve alçak katlı (low-rise) binalarda yangın karşısındaki durumunu ortaya koymayı hedeflemektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Enerji Verimliliği, Alçak ve Yüksek Katlı Yapılar, Yapı Kabuğu, Cephe Sistemleri, Yangın.

¹ Nilay ÖZELER KANAN, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü, Enerji Verimliliği Dairesi Başkanlığı, Söğütözü Mah.2179.Sokak, No:5, Balgat-Çankaya-ANKARA, 0 312 410 79 88, 0 312 410 78 81, nilay.kanan@csb.gov.tr

1-GİRİŞ

Ateş, insanlığın ilk çağlarından günümüze kadar ulaşan en önemli gelişmedir. 4000 yıldır insanoğlu ateşin bulunmasıyla beraber madenleri işleyip şekillendirmişler ve ateşi kontrol altında tutabildikleri sürece, kedilerine fayda sağlamışlardır. Ancak ateşin kontrol edilememesiyle de büyük yangınlar çıkmış ve şehir ölçeğindeki tahribatlara yol açmıştır.

Yangınların teknolojik gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılı olduğu, malzeme teknolojisinin gelişmesi ve bu malzemelerin yangına maruz kalmaları sebebiyle de gerçek yangınlar karşısındaki davranışları yıllar yılı gözlemlenmiştir. Yaşanan tecrübelerle hiçbir binanın tamamen “yanmaz” olamayacağı ancak belli bir süre yangına karşı dayanabileceği anlaşılmıştır ve bu aşamadan sonra dayanım sürelerinin daha uzun tutulabilmesi yönünde çalışmalar devam ettirilmiştir.

Uygarlık seviyesi arttıkça teknolojik gelişmelerin ve nüfusun hızla artması nedeniyle 19.yy’dan başlayarak şehir yerleşkeleri içindeki arsa değerlerinde artış görülmüş nüfusun barınma sorununu karşılamak için çok katlı bina yapımı artmıştır. Arsalardan daha verimli yararlanmak için, kat yükseklikleri ve konforun sağlanması içinde her fonksiyonel yaşam şekline göre oda sayıları ve oda m²’lerinde artışlar olmuştur. Yüksek yapıların inşası 20.yy’da özellikle hızlıca artmıştır.

NFPA 101 Life Safety Code’a göre yüksek yapı kavramı zaman içinde kimi zaman yedi kat kimi zamanda yedi kattan fazla kat adedini tanımlamaktadır. Daha doğru bir tanımlama 1988 Los Angeles’deki The First Interstate Bank yangınından sonra çıkan sprinkler yasasıyla yapılmıştır. 23 metre ve daha yüksek yapılar yüksek yapı olarak kabul edilmiştir. Bu yükseklik itfaiyenin girebileceği en alt kat seviyesi ile yapının yaşanan en üst kat seviyesi ölçülerek alınmaktadır [1]. 2009 yılında 15316 nolu Bakanlar Kurulu Kararı ile güncellenen Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte yüksek yapı kavramı, bina yüksekliği 21.50 m’ den fazla veya yapı yüksekliği 30.50 m’ den fazla olan binalar olarak tanımlanmaktadır [2]. Fransa ITM-SST 1503.1 Norme 2009’a göre yüksek yapı 22 m ve daha fazla yüksek yapılara denilmekte olup yüksek yapılar da kendi içinde 22 m ve üstü ile 30 m arası Tip A, 30 m ve üstü ile 60 m arası Tip B, 60 m ve daha fazlası ise Tip C olarak isimlendirilmektedir [3]. Bazı kaynaklar da yüksek yapı tanımını itfaiye merdivenlerinin ulaşamadığı yükseklikte katları olan yapılar olarak tanımlamaktadır.

Yüksek yapıların artmasıyla da binaların enerji tüketimi ve kullandıkları aktif sistem teknolojilerinin aşırı elektrik, yakıt tüketimlerinin bir sonucu olarak çevreye verdikleri zarar da artan parabolik bir grafikte yükselmektedir. Bu nedenle yüksek binalarda kullanılan enerjinin korunumu konularında yapıyı bütün olarak ele alıp aslında kabuk içindeki ve dışındaki iklimsel ve konfor koşullarına dikkat edilerek ‘yapı kabuğu’nun optimum değerlerinin oluşturulmasına yönelik disiplinlerarası çalışmalar yapılmaktadır.

Yapı kabuğu, endüstri öncesi dönemde gayet ilkel yöntemlerle yapılan iç ve dış mekân arasındaki ayrımı sağlayan bir unsur iken; endüstri devriminden sonra demir malzemenin kullanımının yaygınlaşması sebebiyle doğrusal elemanların birleşiminden oluşan çerçeve sistemlerin, mimari de strüktür ve kabuk olmak üzere iki ayrı sistemin oluşmasına olanak sağlamıştır.

Bildiri kapsamında yangın güvenliği açısından incelenecek olan yüksek ve alçak katlı binalarda uygulanan cephe sistemlerine ‘enerji verimli (etkin) cephe sistemleri’ denilmektedir.

2-BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE CEPHE SİSTEMLERİ

2.1. Yapı Kabuğu ve Enerji Verimliliği (Enerji Etkinliği)

Yapı kabuğu; yağış, sıcaklık değişikliği, rüzgâr, nem gibi dış iklim etkilerinin ve gece gündüz sıcaklık farklarının bina içindeki koşullara etkisinin belirlenmesinde ve termal konfor koşullarının

sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu rolü sebebiyle yapının inşasında harcanan enerjide %10–20 gibi bir paya sahip olmakla birlikte binanın kullanımı süresince iç çevrenin termal ihtiyaçların sağlanmasında gerekli enerji miktarının belirlenmesinde en etkin elemandır [4].

Enerji etkin bina kabuğu bağlamında enerji tüketimini kontrol altına alabilme düşüncesi, yapı bileşenlerinin özellikle büyük yüzeylere sahip olan cephelerin, enerji bilinçli bir anlayışla değerlendirilmelerini gündeme getirmiştir. Günümüz teknolojisine sahip cephelerin, mukavemet ve stabilite, boyutsal kararlılık, su sızdırmazlık, ısı yalıtımı, havalandırma, ses yalıtımı, gün ışığı kullanımı, rüzgâr direnci, akustik özellikler, **yangından korunma** ve bakımının ekonomik olması gibi sıralanan beklentilere artık günümüzde iç ve dış iklim arasında denge sağlayabilen, çevreyle dost, dinamik bir örtü gibi özelliklerinin de olması beklenmektedir. Kabuk elemanı, binanın enerji etkinliğinin artırılmasında önemli bir görev üstlenmektedir. Bu durum, enerji etkin kabuk tasarımı kapsamında yeni cephe sistem ve malzemelerinin geliştirilmesine neden olmaktadır.

2.2. Enerji Verimli (Etkin) Cephe Sistemleri

Bina kabuğunun büyük bir bölümünü oluşturan cepheler, iç ve dış mekânların ara bağlantısı, sabit ve değişken açılardan görüntüsü, biçim ve işlev ilişkisi gibi temel sorunların yoğunlaştığı bir alandır. Temelde cepheler, iç ve dış arasında yer alan ayırıcı bir bölme olarak mekân içinde yaşayanları dış etkilerden korumak işlevini üstlenmektedir. Tarihsel gelişim süreci içinde mimaride enerji ve çevre bilinçli tasarımın giderek önem kazanması ile birlikte cephe oluşumları ve cephelerin performans beklentilerinde büyük değişimler yaşandığı görülmektedir. Bu değişimler sonucunda da enerji etkin cephe sistemleri geliştirilmiştir. Enerji etkin akıllı binalarda sıklıkla kullanılan bu cepheler genelde çift kabuklu olarak tasarlanmakta ve enerji etkinlik bağlamında tasarımcıya geniş olanaklar sağlamaktadır [5].

2.2.1. Tek Katmanlı Cepheler

Tek katmanlı cepheler iki farklı grupta incelenmektedir. Bunlardan biri Basit Cepheler, diğeri ise Giydirme Tipi Cephelerdir. **Basit cepheler** yapı kabuklarının orijinal formudur. Bunlar ışık ve havalandırma sağlayan açıklıklar ile yük taşıyan bir duvardan oluşmaktadır. Bu cephelerde doğrudan ışık veya enerji üreten, temiz hava veya mekanik havalandırmayı mekâna alan ilave fonksiyonel elemanlar bulunmaktadır. Bu tip cephelerin yapımı ekonomiktir ve bakım-temizlik maliyeti düşüktür [6]. **Giydirme tipi cepheler** ise yapının taşıyıcı sistemi içinde hiçbir görevi olmayan, bu taşıyıcı sisteme kendi ölü yükü ve etkilendiği rüzgâr, deprem gibi yükleri özel bağlantılarla ileten, yapı fiziki sorunlarını ince bir kesitte çözebilen, dayanıklı, hafif gereçlerle yapılan, yalıtım ve güvenlik sorunlarını eksiksiz yerine getirebilen, modüler koordinasyon ilkelerine uygun olarak hazırlanan bir düşey kabuktur [7]. Giydirme tipi cepheler, cam teknolojisine geliştirilmesi çalışmalarıyla paralel olarak ilerlemekle birlikte cam yüzeyine uygulanan kaplamaların uygulama yönlerine göre üç farklı şekilde gruplandırılmaktadır. Bunlar 1) Dış kontrol üniteli (gölge elemanlı) cepheler, 2) Paneller arasında konumlandırılmış kontrol üniteli cepheler ve 3) İç kontrol üniteli cepheler olarak ayrılmaktadır.

Tek katmanlı cephelerde güneş kontrolünün tam olarak sağlanması ile cama kızıl ötesi yansıtımlı kaplamalar ve/veya görülebilir ölçüdeki dalga boylarını emen ve yansıtan kaplamalar uygulanabilmektedir. Ancak daha soğuk aylarda güneşten kazanım sınırlanmış ve gün ışığı seviyesi azaltılmıştır. Bu nedenden dolayı, uyarlanabilir ek güneş kontrol elemanlarını kullanmak kaçınılmazdır [8].

2.2.1.1. Mantolama

Mantolama, tek katmanlı cephe tiplerinden basit cepheler sınıfına dâhil edilebilecek türde, yapının tüm dış ortam koşullarına maruz kalan kısımlarının iç ortamdaki ayrılması ve iç ve dış arasında

oluşacak sıcaklık ve basınç farklılıklarından dolayı meydana gelen sızıntıları azaltmayı amaçlayan, binanın yapı bileşenlerinin bütüncül olarak zarflandığı sistemlerdir.

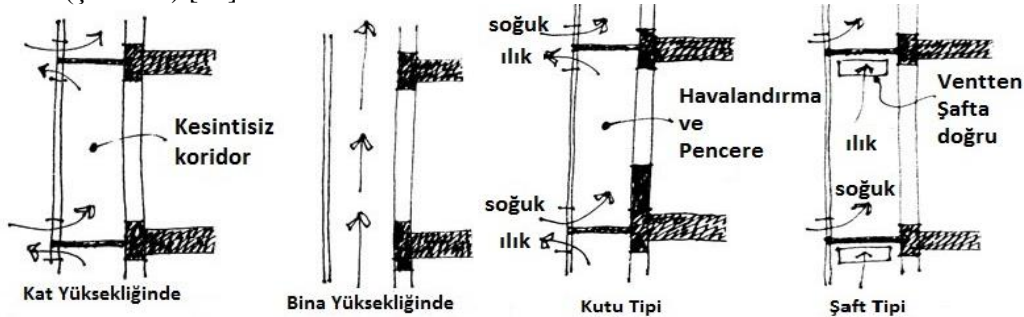
Dünyada 1994 yılında kişi başına düşen yalıtım malzemesi tüketimi 2.07 m^2 iken; 2004 yılında bu miktarın, % 16 arttığı gözlemlenmektedir. Kişi başına yalıtım malzemesi kullanımının 2014 yılında, 2004 yılına oranla % 30 artacağı öngörülmektedir [9]. **Ülkemizde** ise 70 milyon nüfusa sahip ülkemizde yalıtım pazarı, 7 milyon m^3 dolaylarındadır. Bu pazarın ekonomik göstergesi yaklaşık 2 milyar dolardır. Türkiye’de 0.1 m^3 olan yalıtım malzemesi tüketimi bazı Avrupa ülkelerinde 1.3 m^3 ’ü bulmaktadır [10].

2.2.2.Çift Katmanlı Cepheler

Çift kabuk cephe sistemi, birbirinden hava koridoruyla ayrılmış iki veya daha fazla cam katmanın oluşturduğu sistem olarak tanımlanmaktadır. Cam cidarlar arasındaki hava tabakası aşırı ısınmaya, rüzgâra ve sese karşı önlem olarak yalıtım sağlamaktadır. Ara boşluk; geniş hacimli hava kanalları gibi bir tampon bölge oluşturarak kullanım alanlarını çevrelemekte ve yapma çevreye gerçek dış ortam koşullarından daha faydalı yeni bir dış ortam oluşturmaktadır [11]. Bir çift kabuk cephe sisteminin işlevi; doğal havalandırma, güneş ışınımı kontrolü, günüşiği kontrolü/doğal aydınlatma, gürültü kontrolü, yangın korunumu, temizlik ve bakım/onarım kolaylığı, kullanıcı kontrolü, güvenlik olarak sıralanabilir [12].

Çift kabuk cephe sistemleri, ara boşlukta farklı geometrilere hacimler oluşturularak bölümlenebilmektedir. Bu farklılaşmaya bağlı olarak; **bina yüksekliğinde**, **kat yüksekliğinde** (**koridor cephe**), **kutu pencere** ve **şaft cephe sistemleri** olmak üzere dört grupta incelenmektedir.

Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe/koridor cephe sistemleri, çift kabuk cephelerin en çok kullanılan çeşididir. Bu cepheler, ara boşlukta kat seviyesinde yatay bölümlenme yapılması ile elde edilmektedir (Şekil 1a). Boşluğa hava girişi kat döşemesinin alt noktalarındaki açıklıklardan, hava çıkışı ise kat döşemesinin üst noktalarındaki açıklıklardan sağlanmaktadır. *Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemleri*, çift kabuk arasındaki boşlukta yatay ve düşey bölücü olmayıp, bina cephesi boyunca devam eden sürekli bir tampon boşluğu olan sistemlerdir (Şekil 1b). Bu tip cephelerde, ara boşlukta istenen havalandırma, genellikle zemin ve çatı hizalarındaki açıklıklardan sağlanmaktadır. *Kutu pencere çift kabuk cephe sistemleri*, ara boşluğun yatay ve düşey bölümlenip bağımsız ve küçük kutular olarak çalıştığı cephe sistemleridir (Şekil 1c). *Şaft tipi çift kabuk cepheler*, kutu pencere cephe birimlerinin, bina yüksekliğince devam eden hava bacalarıyla yani düşey şaftlarla bağlandığı cephe sistemleridir (Şekil 1d) [11].



Şekil 1. Kat yüksekliğinde (a), Bina yüksekliğinde (b), Kutu (c) ve Şaft tipi (d) çift kabuk cephe kesitleri [13]

3-ENERJİ VERİMLİ CEPHE SİSTEMLERİ VE YANGIN GÜVENLİĞİ

NFPA Life Safety Code’da yer alan yangın güvenliği tanımına göre; *Yangın Güvenliği*; Yapı kullanıcılarının can güvenliği düzeyini arttırmak ve yangının zararlı etkilerinin yayılmasını kontrol etmek için tasarlanan ve düzenlenen görevler bütünüdür [1]

3.1. Tek Katmanlı Cephelerde Yangın

Tek katmanlı cepheler yapı kabuğunun oluşturulmasında sıklıkla kullanılan cephe tipidir. Özellikle cam teknolojisinin de ilerlemesiyle bu talep daha da artmaktadır. Ancak doğru detaylandırılmış bir tek katmanlı cephe, çift katmanlı cepheye göre duman ve alev yayılımı konusunda baca etkisinin daha az olması sebebiyle yavaş hareket halinde olduğunu doğrulayan çalışmalar yapılmıştır. Bu tip cephede iç mekân-katlar arasında ve katların duvar birleşim noktalarından ve dış mekanda-cephe yüzeyindeki açıklıklar ve iki malzemenin bitim noktalarını birleştirmek için yapılan derz aralıkları için önlem alınması halinde yangına karşı direncin kısmen arttırılabileceği deneysel çalışmalarla değerlendirilmektedir [14].

3.1.1. Mantolamada Yangın

Mantolama, Türkiye’de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununun ve ilgili Kanunun 7.maddesinin ç ve d bentlerine istinaden yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin çıktığı tarihten bu yana özellikle mevcut konut yapı bloklarında tercih edilen bir sistem olmuştur. Ancak enerji verimliliği amacıyla uygulanan ısı yalıtımı malzemelerinin yangın anındaki davranışı ile ilgili niteliklerine dikkat edilmemektedir. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik hükümlerine göre dış cepheler veya kaplamalardan beklenen yangın dayanımı, binanın yüksekliğine göre değişiklik göstermektedir. 2 kata kadar olan alçak katlı binalarda dış kaplamalar en az normal alevlenici olan E sınıfı; yüksek bina sınıfına girmeyen 21,5 metreden alçak ancak 2 kattan yüksek binalarda en az zor alevlenici olan C sınıfı; 21,5 m’den yüksek binalarda ise en az zor yanıcı olan A2 sınıfı malzeme olması gerekliliği belirtilmektedir. İfade olarak yönetmelikte ısı yalıtım sistemleri, mantolama gibi ifadeler yerine nitelikleri sağlayan dış kaplamaların tümü olarak bir değerlendirme yapılmaktadır.

Cephe ısı yalıtım sistemleri, bina ömrü boyunca ısı yalıtım görevini sürdürmeleri amacıyla uygulanmaktadır. Bu sistemler, kullanım ömrü boyunca duvara yapışma ve bağlanma mukavemetini yitirmeden emniyetli bir şekilde kullanılabilir; yağmur, rüzgar, deprem afetlerinin dışında, kuş ve böcek gibi canlıların yuva yapmaları gibi her türlü olumsuzluğa karşı dayanım özelliğini koruyabilmeli ve en önemlisi yangına karşı direnci yüksek olabilmelidir.

Sistemin cephelerde kullanımı ve uygulanmış cephelerde meydana gelen yangınların artması bize göstermiştir ki aslında mantolamanın cephelerde doğru uygulanması halinde yangın yalıtımını sağlayabildiği, ancak yanlış kullanılması halinde de kullanılan malzemelerin stabilite, dayanım, alev ve duman geçişinin engellenmesine bağlı olarak yalıtım özelliğinin olumsuz çıkmasıyla da felakete neden olabildiği görülmektedir. Yangın esnasında cephenin başlıca görevi, yangının üst katlara hızlı bir şekilde sıçramasını engelleyebilir malzemeler ile oluşturulması gerekliliğidir (Şekil 2a ve 2b) [15].



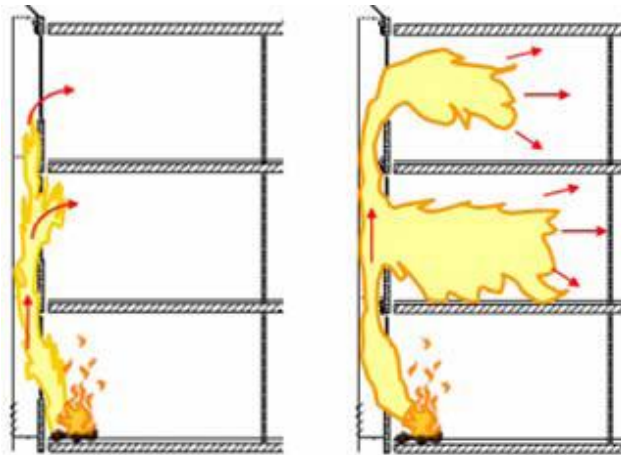
Şekil 2a ve 2b. Alev ve dumanın mantolama cephe boyunca hareketi [15]

3.2. Çift Katmanlı Cephelerde Yangın

Literatüre bakıldığında çift kabuk cephelerin enerji verimliliği açısından havalandırma, güneş ışığı, enerji performansı ve etkisi, simülasyon modelleri ve araçları, gölgeleme, güneş pilleri, cam kriterleri ve seçimi, duman, boşluk derinliği gibi pek çok konu araştırması yapılmaktadır. Ancak yangın güvenliği konusunu en çok etkileyen konu havalandırma amacıyla yapılan ikinci kabuk cephe ile ilk kabuk cephe arasında oluşan kabuk boşluğu boyunca kesit küçülmesine bağlı olarak meydana gelen basınç artışı yani baca etkisidir. Baca etkisi alt kotta olası bir yangının yüksek basınç etkisiyle alt kottan üst kottara doğru hızla yayılmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple çift kabuk cephe türlerinin yangın ve duman yayılımının ayrı ayrı değerlendirilmesinde fayda görülmektedir.

3.2.1. Bina Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemleri

Bina yüksekliğindeki cephelerde enerji verimliliğinin sağlanması için genellikle iki tür havalandırma biçimi kullanılmaktadır; dış hava perdesi ve tampon bölge yaratma. Eğer cepheden yüksek termal izolasyon beklentisi varsa havalandırma biçiminde, tampon bölge yaratma tercih edilmektedir. Sonuç olarak bu tür cepheler, etkili bir akustik performans ve termal izolasyon sağlamakta ancak yangın güvenliği açısından cephe boşluğu, alevleri yukarı katlara taşınması bakımından hızlı olabileceğinden bir takım problemler yaratmaktadır (Şekil 3) [16]



Şekil 3. Bina yüksekliğindeki cephelerde yangın yayılımı [16]

BBRI (Belçika Bina Araştırmaları Enstitüsü), bina boyunca devam eden cephe sistemine ek olarak, 'jalüzi' eki yaparak bir cephe sistemi daha geliştirmiştir. Dış cephede kullanılan jalüziler yardımıyla doğal havalandırma ve gün ışığı alımı sağlanmış olurken açısı ayarlanabilir jalüziler sayesinde yangın sırasında alevlerin üst katlara dağılması engellenmiş olmaktadır (Şekil 4a ve 4b) [16].



Şekil 4a ve 4b. Yangın sırasında yatık konuma getirilen jalûziler [16]

3.2.2. Kat Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe/Koridor Cephe Sistemleri

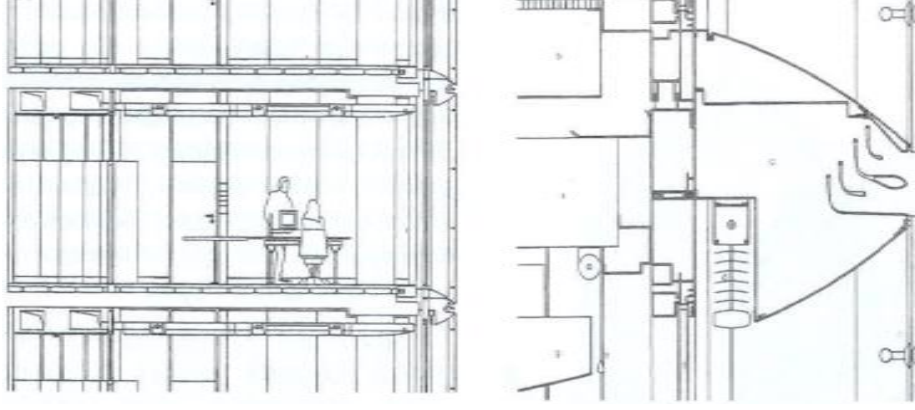
Kat yüksekliğindeki cephelerde birkaç farklı türde havalandırma biçimi sağlanabilmektedir; 1) İç cephe pencereleri kapalıyken, kat seviyelerindeki havalandırma delikleri açıldığında dış hava perdesi biçiminde, 2) İç cephe pencereleri ve havalandırma delikleri eş zamanlı açıldığında, temiz hava sağlama ve kirli hava boşaltma sistemi biçiminde, 3) İç cephe pencereleri ve havalandırma delikleri eş zamanlı kapatıldığında, tampon bölge yaratma biçiminde farklı türde havalandırma sağlanabilir (Şekil 9a ve 9b) [16].



Şekil 9. Kat yüksekliğindeki yangın anındaki alevin yayılma davranışı (a) ve cepheler (b) [16]

3.2.3. Kutu Pencere Çift Kabuk Cephe Sistemleri

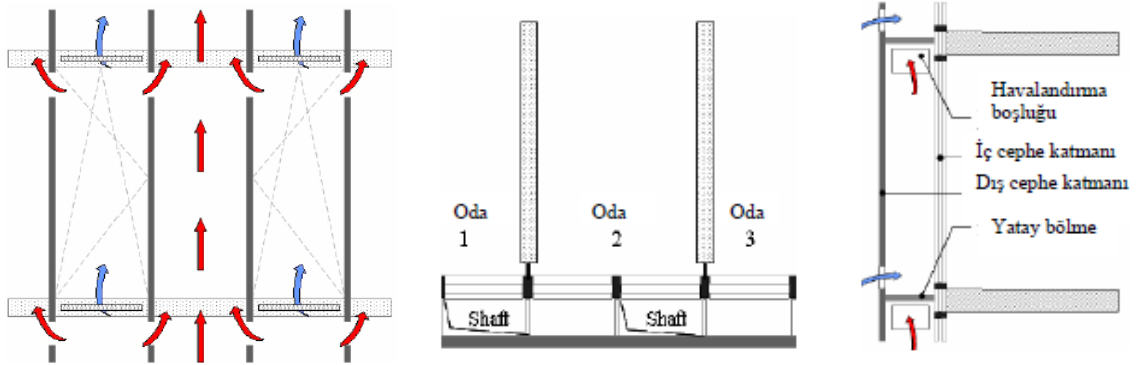
Kutu pencere tipi cepheler, her kat üzerinde yatay bölümlerle ve her pencerede dikey bölümlerle havalandırılan bir cephe kuruluşuna sahiptir. Hava giriş ve çıkış menfezleri her katta yer almakta ve bu nedenle etkili bir seviyede doğal havalandırma sağlanmaktadır. RWE Binası için dışarıdaki havanın giriş ve çıkışını sağlayan, sıklıkla katlar arasında yer alan ve 'balık ağzı' denen özel bir pencere çerçevesi ve profili tasarlanmıştır (Şekil 11) [17]. Balık ağzı detay, hava giriş ve çıkış deliklerine sahiptir. Balık ağzı içine alınan hava, çift cephe içinde ısıtılır ve yükselen hava yakındaki balık ağzı pencere çerçevesinden dışarı atılmaktadır. Eğer balık ağzlarının her ikisi de düşey olarak yerleştirilirse, dışarı atılan kirli havanın geri emilimine neden olabilmektedir. Ayrıca bu sistem yangının diğer katlara yayılmasını da önlemektedir [18].



Şekil 11. RWE Binası sistem kesit ve detayı [19]

3.2.4. Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe

Bu tür cephelerde cam tabakalar arasındaki boşlukta kirli havanın dışarı atılmasını sağlayan düşey bölücüler bulunmaktadır. Şaftlar arasında hava boşluğu olan bölümlere çift pencerelerin alt kot hizasından taze hava, boşluğa doğru girmektedir. Boşlukta basınç farkı ve ısınma ile yukarı doğru hareket eden kirli hava şaft arasındaki bölücünün üst bölümündeki açıklıktan şaftta alınmaktadır ve kirli hava bina üst kotundan dışarıya atılmaktadır. Düşey şaft katlar boyunca devam ederek en üst noktaya ulaşır; bu sayede baca etkisini oluşturarak doğal havalandırmaya olanak sağlamaktadır. Dış cephede açılan mazgallar dışarıdan kontrollü bir temiz hava girişi sağlayarak yüzeyler arasındaki boşluğun taze hava ile dolmasını ve istendiğinde de bu havanın iç mekâna akışı sağlanarak mekânın kontrollü bir şekilde havalandırılmasına da imkân vermektedir. Baca etkisi sınırlı bir yükseklik gerektirdiği için bu cephe kurgusu daha çok az katlı binalar için uygundur (Şekil 12a, 12b ve 12c). Öteki çift cephe tipleriyle karşılaştırıldığında şaft tipi cephelerin yangın korunumu, gürültü, temiz ve kirli havanın karışması gibi dezavantajları bulunmakla birlikte bu tip cephe sistemi, sayılan dezavantajlar yüzünden enerji etkin çift kabuklu cephe kuruluşlarında kullanımına az rastlanan bir cephe sistemidir [19].



Şekil 12. Sistemin görünüş (a) plan (b) ve kesit (c) düzlemindeki çalışma prensibi [19]

4-TARTIŞMA ve SONUÇ

Yangın Güvenliği bakımından enerji verimli yapı kabuğu açısından tercih edilen tek katmanlı giydirme cephe, çift kabuk giydirme cephe ve Türkiye’de kullanımının oldukça talep gördüğü yine tek katmanlı cephe olarak nitelendirilebilecek mantolama cephe sistemlerinin yüksek (high-rise) ve alçak katlı (low-rise) binalarda yangın karşısındaki farklılıkları değerlendirilmiştir.

- Yüksek yapılarda enerji verimliliğinin sağlanması adına kullanılan giydirme cephe sistemleri genellikle dış havaya doğrudan açılmayan pencerelerden oluşmakta ve camlarda güneşten korunmak

amacıyla özel kaplama malzemeleri bulunmaktadır. Açıklık bulunmayan cephelerde yangın sırasında dumanın mekan dışına doğru atılamaması nedeniyle duman ile zehirli gazların birikmesi sonucu tehlike meydana gelmektedir. Ancak bu tip kapalı kutu gibi çalışan sistemlerde kontrollü havalandırma yapılması istenerek mevcut sistem aktif sistemlerle desteklenmektedir. Giydirme cephe yüzeyinde açıklıklar olması halinde duman ve alev yayılımının dikey yüzey boyunca katlar arasında bir üst kottaki açıklıklardan iç ortama doğru geçişine sebep olmaktadır.

- Yüksek katlı binalarda çift katmanlı cephe sistemleri ekolojik, dayanıklılık, temiz bir cephe görüntüsü, prestij sebebi gibi nedenlerden dolayı sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak çift kabuk giydirme cepheler kullanılması halinde iki kabuk arasında oluşan baca etkisi, tek katmanlı cephe yüzeyinde meydana gelen alev ve duman yayılımından daha hızlı gerçekleşmektedir. Yapı yüksekliği boyunca devam eden çift katmanlı cephelerde alt kottan alınan havanın hızı yükseklik arttıkça üst kottara doğru azalma göstermekte ancak hiçbir zaman sıfır olmamaktadır. Bu nedenle bu tip cephelerin enerji verimliliği açısından doğal havalandırma ve ısıtma amacıyla tercih edilme sebebi bu noktada çözümsüz kalmaktadır. Bu sorun yine yangın güvenliği ve doğal havalandırma açısından gerekli aktif sistem destekli önlemler alınarak cephenin yüzeyinde belli kat hizalarına denk gelecek şekilde bölümlenmesi ile daha verimli olacaktır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki 4 farklı çift cephe tipinden ısıtma ve soğutma, doğal havalandırma, ısı ve termal konfor, ses yalıtımı ve yangın yalıtımı açısından en avantajlı olanı, kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemidir.

- Yüksek ve alçak katlı yapılan yapıların tamamında yangıncılık sınıfı düşük olan yalıtım malzemesi kullanılarak mantolama yapılması halinde katlar arasında veya açıklıklar çevresinde, alevin cephe yüzeyini yalayarak hareketini kesebilecek zor yangıncılık sınıfı olan bir malzeme ile yangın bariyerleri oluşturulması halinde mantolama sistemi kullanılabilirliği artırılarak daha yangın direnci yüksek bir sistem olabilmektedir.

- Yüksek yapılarda kullanılan cephelerde yangından dolayı deforme olan, kopan ve kırılan yapı bileşenleri ve malzemeleri zemin kattaki insanları ve itfaiyenin müdahalesini tehlikeye sokmaktadır. Yüksek katlı yapılarda, yüksekliğe bağlı olarak kopan yapı parçalarının hızlanması ve potansiyel enerjiden kinetik enerjiye doğru artış olması sebebiyle alçak katlı yapılara nazaran tahribat daha fazla olmaktadır. Alçak katlı yapılarda bu tip sorunlar görülmezken yapı yüksekliği arttıkça yangından dolayı koparak düşen yapı malzemelerinde tahribat ve yaralama riski artmaktadır.

- Alçak katlı yapılarda genellikle yangın güvenliği konusunda yapı malzemelerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri, ısı iletkenlikleri, yangıncılık ve dayanıklılık özellikleri ayrı ayrı incelenirken ve uygulanırken; yüksek katlı yapılarda tüm bu özelliklerin bir arada olabileceği yapı kabuğu kavramı ön plana çıkmaktadır. Yüksek katlı yapılarda enerji verimliliği açısından tercih edilen cephe sistemleri yapı malzemesinin yangın karşısındaki davranışının tekil olarak incelenmesinden çok kompozit malzeme ve yapı sistemlerinin alev ve duman karşısındaki davranışının can ve mal kaybına maruz kalmayacak seviye de, optimumu sağlaması beklenmektedir.

- Yüksek yapılarda plan tipleri genellikle geniş ve açık planlıdır. Yangının yayılımı açısından risk oluşturur. Alçak katlı yapılar ise daha çok oda/mezan bölümlenmesiyle yapılan yapılardır. Bu nedenle mekanları ayıran duvarlardan geçen her türlü tesisat kanalının etrafının alev-duman ve hatta ısı sızdırmazlıklarının ısı ve alev karşısında şişen ve böylece dumanın geçişine engel olabilecek malzemelerle kapatılması gerekmektedir. Havalandırma desteği sağlanması adına yapılan fanlar, cephe önünde yapılan yağmurlama sistemi v.b. hem yangın güvenliği hemde enerji verimliliğini destek sağlaması adına yapılan aktif sistemlerin montajının yapıldığı yerler yangına karşı dayanıklı olmak zorundadır.

- Çok katlı yapılarda az katlı yapılara göre insan yoğunluğu fazladır. Bu yoğunluk yangın yükünün artmasına ve yukarı katlara yükselen yangın riskinin artmasına neden olmaktadır. Acil bir durum olduğu zaman yüksek yapı içindeki insanların tahliyesi acil durum asansörleri, kaçış merdivenleri ve acil çıkışlarla alınacak olan mesafelerin artması nedeniyle zaman almaktadır. Alçak katlı yapılarda gerekirse zemin katlarda bulunan herhangi bir pencere ve kapı açıklıkları acil çıkış olarak

kullanılabilmektedir. Alçak katlı yapılarda yangın güvenliği konusunda bitişik nizamlı olan yerleşkeler önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu tip yerleşkelerde yangının yayılımının çatıdan çatıya ve duvar yüzeyi boyunca yatay ve dikey alev atımının yangın bariyerleri yardımı ile hareketin durdurulması oldukça önemlidir.

- Yüksek yapılarda yükseklik artışına paralel olarak artan rüzgâr etkisi, yapının iç hava sirkülasyonu ve sıcaklık farkı nedenlerinden dolayı enerji verimliliği cepheleri etkilemekte ve herhangi bir yangın anında da alev-duman ve sıcak gaz kütlelerinin hızlıca yayılmasına da sebep olduğundan zarar verici olabilmektedir.

- Yüksek yapıların birçoğunda giydirme cephe taşıyıcıları ve yapı kolonları ve kirişleri genellikle çelik ve yardımcı elemanlar ise alüminyum malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Çelik kirişler genleşme yaparak dikey sistemi de zorlamakta ve bağlantı noktalarından kopmalar görülmektedir. Mantolama da ise yüksek yapılarda genellikle konutlarda kullanılırken montaj elemanları olarak dübel ve köşebent malzemeler çelik kullanılmaktadır. Çelik malzeme yangına ve korozyona karşı korunmamışsa zarar görmekte ve bu nedenden ötürü koparak dökülmelere, yıkıma neden olmaktadır. Malzemelerin yangın anındaki bireysel davranışlarından ziyade sistem olarak testler yapılması halinde ortaya çıkacak sonuçlar gerçek bir yangın anında ortaya çıkan sonuca daha yakın değerler elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] NFPA 101 Life Safety Code, 2012 Edition with redline, An International Codes and Standards Organization, Quincy, Massachusetts, p. 28, 30.
- [2] <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/09/20090909-10.htm>
- [3] ITM-SST 1503.1 Norme, 2009, Prescriptions de Sécurité Incendie-Dispositions Generales-Bâtiments Elevés (Yüksek Binaların Yangın Emniyet Koşullarına Dair Genel Hükümler), France, p. 2.
- [4] Sürmeli, A.N., 2004. Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi, İstanbul, Ekim, Bildiriler Kitabı, s.187.
- [5] Lakot, E., 2007, 'Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması', Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, s.49.
- [6] Hausladen G., Saldanha M., Liedl P., 2006. Climate Skin, Birkhauser, Basel, Boston, p.98.
- [7] Subaşı Direk, Y., 2003, 'Giydirme Cephe Tasarım Sürecinde Karar Vermek İçin Bir Yöntem Önerisi', Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, s. 37-38.
- [8] Altınkaya, T., Özgen, A., 2004, Camın Yapısal Kullanımının Tarihsel Gelişimi, Güncel Olanaklar ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi, II. Ulusal Yapı Malzemesi Sergisi Ve Kongresi, Ekim, İstanbul, Bildiriler Kitabı, s. 87-97.
- [9] Swales T., 2009, Insulation The Ultimate Sustainable Product, 4th Global Insulation Conference&Exhibition, Prag.
- [10] Yapı Endüstri Merkezi (YEM), 2009, Türk Yapı Sektörü Raporu.
- [11] Compagno, A., 2002, "Intelligent Glass Facades", Birkhauser-Publishers For Architecture.
- [12] Poirazis, H., 2004, "Double Skin Façades for Office Buildings – Literature Review", Division of Energy and Building Design, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University, Report EBD-R--04/3.
- [13] Url-1, <http://kineticfacade.blogspot.com/2010/04/double-skin-facade.html> (Ekim, 2013)
- [14] Url-2, <http://www.cwct.co.uk/publications/tns/short73.pdf>
- [15] Dr.Murjahn Institut (RMI) (Boya Kaplama ve Cephe Sistemleri Araştırma ve Test Merkezi), Kocaeli.
- [16] BBRI, 2002, Vantilated Double Facades, Department of Building Physics, Indoor Climate& Building Service, Belgian Building Research Institute, Belgium.
- [17] Space Modulator Architecture Magazine, 1999, No. 86. RWE Tower – a New Phase of Ecological and High-tech (http://www.nsg.co.jp/spm/sm81~90/sm86_contents/sm86_e_index.html)
- [18] Uuttu, S., 2001, 'Study of Current Structures in Double-Skin Facades', MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics. Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology (HUT), Finland.
- [19] Bilgiç, S., 2002, "Akıllı Cephe Sistemleri", Ege Mimarlık, sayı:44, s.21-25.

EPS Kalıplı Betonarme Yapıların, Gazbeton Duvarlı Betonarme Karkas Yapılarla Isı Yalıtımı ve Maliyet Yönünden Karşılaştırılması

Kutluğ SAVAŞIR¹
Fazilet TUĞRUL²

Konu Başlık No: 2. Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Türkiye’de çok yaygın olarak kullanılmayan ancak sürdürülebilir mimarlığın değerinin arttığı günümüzde ve gelecek günlerde daha çok uygulama imkânı bulacağı düşünülen “EPS Kalıplı Betonarme Yapılar”, konvansiyonel yapıım sistemleri içinde değerlendirilebilecek “Gazbeton Dolgulu Betonarme Karkas Yapım Sistemi” ile inşa edilen yapılara göre daha fazla ısı yalıtımı yapabilme özelliğine sahiptir.

Bildiri kapsamında, binalarda kullanılan enerji etkin tasarım yöntemlerinin bir çeşidi olan pasif sistemler içindeki 'enerjinin korunumu' ve 'daha az enerji harcanarak daha fazla fayda elde etme' konularına bir örnek olarak "EPS Kalıplı Betonarme Yapılar" tanıtılmaktadır. Ardından "EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi" ile günümüzde en sık kullanılan yapıım sistemi olan betonarme karkas yapıım sistemi maliyet ve sağladıkları ısıl performans açılarından birbiriyle karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırmayı yapabilmek için basit bir mimari plan şeması geliştirilmiş olup bu plan şemasına uyacak biçimde, her iki yapıım sistemiyle birer adet tek katlı konut inşa edildiği varsayılmaktadır. Bu şartlar altında duvarlarda ve tavanda oluşan ısı kayıpları hesaplanmakta ve bu ısı kayıpları dikkate alınarak duvar ve tavanda alınabilecek önlemler Türkiye'nin dört derece gün bölgesine göre ayrı ayrı belirlenmektedir. Ayrıca her iki yapıım sisteminin kaba inşaat maliyetleri de hesaplanarak, iki yapıım sistemi maliyet ve yalıtım yönünden birbiriyle karşılaştırılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER

Sürdürülebilirlik, Enerji Etkinlik, EPS Kalıplı Betonarme Yapılar, Isı Yalıtımı.

¹ Dr. Kutluğ SAVAŞIR, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Tınaztepe Kampüsü Doğuş Cad. No:209 Buca / İzmir, Tel:0.232.301.83.89, Faks:0.232.45329.86, kutlug.savasir@deu.edu.tr

² Fazilet TUĞRUL, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Çayırova Kampüsü İstanbul Cad. 41400 Gebze/ Kocaeli, Faks:0.262.653.8495, ftugrul@gyte.edu.tr

Giriş

Hızlı ve kontrolsüz nüfus artışı ve endüstrileşmeye bağlı olarak gelişen hızlı kentleşme ve yapılaşma, yeşil alanların giderek azalması, kişi başına düşen enerji ihtiyacının artması, doğal kaynakların sınırsızca ve bilinçsizce tüketilmesi, fosil kökenli enerji kaynaklarının yoğun kullanımı ile; bunun sonucunda oluşan ve küresel boyutta bir sorun haline dönüşen sera gazı salınımlarının artması, küresel ısınma problemi, ozon tabakasının aşınması vb. bir dizi olay ile dünyamız bugün, birçok ekolojik sorunla yüzleşmektedir [1]. İnsanoğlunun neslini devam ettirebilmesi (sürdürebilmesi) için yapması gerekenlerin tümü "sürdürülebilirlik" kapsamında yer almaktadır.

World Watch Institute tarafından yapılan bir araştırmaya göre; yapı endüstrisindeki faaliyetler sonucu dünya ormanlarının 1/4'ü, içme suyunun 1/6'sı, malzemenin 2/5'i kullanılmakta ve malzemelerin kaynaklardan çıkarılması, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması sırasında harcanan enerji dışında yapı sektöründe kullanılan enerji miktarı, yıllık enerji tüketimi toplamının % 40'ını oluşturmaktadır [1, 2]. Cebeci'ye ve Erengöz'ün'e göre ise dünya genelinde üretilen enerjinin %50'si binalarda tüketilmektedir [3, 4]. Bu denli yüksek enerji tüketiminin saptandığı binaların harcayacağı enerji miktarının azaltılması ve harcanan enerjiden tasarruf edilebilmesi amacıyla yeni malzemeler ve yeni yapım sistemleri geliştirilmektedir.

Bildiri kapsamında ele alınan "EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi" sürdürülebilir mimari açılarından önemli bir gelişme olarak gözlenmektedir. Genleştirilmiş polistiren sert köpük ifadesi yerine bildiri kapsamında "EPS" (Expanded Polystyrene) kısaltması kullanımı tercih edilmiştir. Bildiride "EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi" ile inşa edilmiş tek katlı bir konutun, Türkiye'deki dört farklı derece gün bölgesine göre duvar ve tavanda hesaplanan ısı geçirgenlik katsayıları (U) ve bu konutun kaba yapım maliyeti hesaplanmıştır. Hesaplanan ısı geçirgenlik katsayıları ve kaba yapım maliyeti günümüz Türkiye'sinde çok yaygın olarak kullanılan betonarme karkas yapım sistemiyle inşa edilen aynı plan şemasına sahip konuttan elde edilen ısı geçirgenlik katsayıları ve kaba yapım maliyetleriyle karşılaştırılmaktadır.

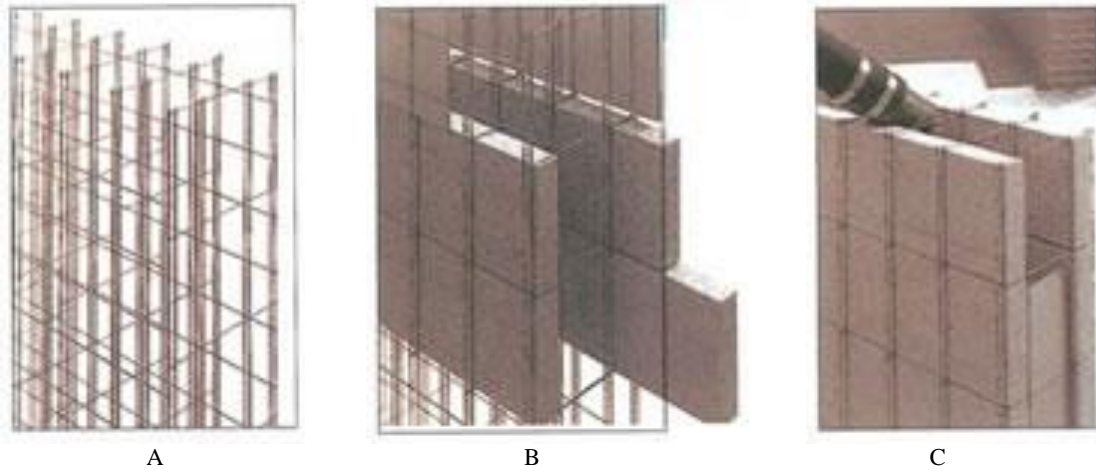
EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi

EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi'nde kaba inşaat yapımı sürecinde; taşıyıcı duvarlar, döşemeler ve merdivenler gibi yapı elemanları kullanılmaktadır. Yapım sisteminin ilk elemanı olan duvarlar Şekil 1'de de gösterildiği üzere üç yapı bileşeninden oluşmaktadır. Duvarları oluşturan ilk ana bileşen; \varnothing 2,2 mm. çapındaki galvanize çelik telden oluşan üç boyutlu kafestir (Şekil 1.A). İkinci ana bileşen ise kafesin her iki yanına yerleştirilmiş olan genleştirilmiş polistiren sert köpüklerdir (Şekil 1.B). Duvarı oluşturacak üçüncü ve son yapı bileşeni ise EPS kalıpların arasındaki boşluğa çelik donatının yerleştirilmesinin ardından dökülecek olan betondur (Şekil 1.C). Duvarı oluşturmak için kullanılan çelik tellerin iki görevi bulunmaktadır. Bu görevlerden ilki EPS'yi tutmak, ikincisi de sıvanın tutunacağı yüzeyleri oluşturmaktır. Duvar yapımında kullanılan EPS tabakaların görevi ise dökülecek olan betona kalıp olma vazifesi ve bunun yanı sıra ısı kaçışını engelleme şeklinde sıralanmaktadır.

İlk yapı elemanı olan duvarların yapımı kısaca dört aşamada gerçekleştirilmektedir.

1. Fabrikada galvanizli teller, kaynak makinesi yardımıyla kafes şekline getirip, pencere ve kapı boşlukları çıkarıldıktan sonra içlerine EPS paneller yerleştirilir.
2. Fabrikada hazırlanan EPS yerleştirilmiş galvanizli tel kafesler, şantiyede subasman seviyesine kadar inşa edilmiş, grobetonu hazırlanmış ve taşıyıcı duvarların geleceği yerlerde 60 cm uzunluğunda demir filizlerin bırakıldığı konutun mimari projesine uygun şekilde yerleştirilirler. Yan yana gelen duvar panelleri birbirlerine tellerle birleştirilir ve şaküle alınır (Şekil 2).

3. Statik hesap sonucu elde edilen çap ve uzunluktaki nervürlü demirler, fabrika aşamasında kesilerek hazırlanmakta, şantiyede ise tek sıra veya çift sıra hasır şeklinde, panellerin içine yerleştirilmektedir (Şekil 3). 25 cm'lik duvarlar için minimum donatı; 13cm aralıkla $\varnothing 8$ 'lik veya 20 cm aralıkla $\varnothing 10$ 'luk nervürlü demir olmaktadır.
4. Donatının yerleştirilmesinin ardından en az BS20 kalitesindeki hazır beton, panellerin arasındaki 15 cm genişliğindeki boşluğa dökülmektedir (Şekil 3). Sonuçta elde edilen duvarın genişliği sıva payı dahil olmak üzere 25 cm civarındadır.



Şekil 1 Galvanizli tellerin (A) ve EPS köpüklerin yerleştirilmesi (B), beton dökümü (C) [5]



Şekil 2. Duvar panellerinin yerleştirilmesi [5] Şekil 3. Duvarların betonlanması [5]

EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi'nin ikinci yapı elemanı döşemelerdir. Döşemelerin hazırlanmasında, duvarda kullanılan aynı üç yapı bileşeni kullanılmaktadır. Ancak duvardan farklı olarak galvanizli tel kafesler döşemenin sadece alt yüzünde bulunmaktadır. Kafeslerin içerisine EPS paneller yerleştirilmiş olup elektrik ve su tesisatı geçirilmesi için döşemede yer yer kanallar bırakılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Betonlanmış döşeme panelinin kesiti [5]

İkinci yapı elemanı olan döşemelerin yapımı aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmektedir.

1. Döşeme paneli olarak mimari projeye göre hazırlanmış olan 15 cm kalınlığındaki galvanizli tellerden oluşan kafes ve bu kafesin içine yerleştirilen EPS paneller fabrikada birleştirilirler.
2. Döşeme panellerini uygun yerde tutabilmek için ahşap veya metal ızgara şeklinde kalıp hazırlanmalıdır. Betonarme döşemenin altında kullanılan kalıplara göre bu kalıbın yapım süresi yaklaşık %30 daha kısa olmaktadır [5].
3. Fabrikada hazırlanan ve EPS yerleştirilmiş galvanizli tel kafes şantiyedeki ızgaralı kalıpların üzerine yerleştirilir ve duvar panellerine telle birleştirilir (Şekil 5).
4. Statik hesap sonucu elde edilen çapta ve uzunluktaki döşeme donatıları uygun yerlere yerleştirilir.
5. Donatıların yerleştirilmesinden sonra yaklaşık 8 cm kalınlığında döşeme betonu dökülür (Şekil 6). Priz hızlandırıcı kimyasalların kullanılmadığı durumda, “döşeme kalıpları yaklaşık yedi gün beklendikten sonra alınıp[6]”, bölücü duvarların yapımına başlanabilir.
6. Döşeme kalıplarının alınması için geçen süre içinde duvarlara içten 2,5 cm ve dıştan 3 cm kalınlığında 350 kg. dozlu püskürtme sıva uygulanmaktadır. Tavan sıvası olarak 1 cm kalınlığında kireç çimento karışımı harçla sıva yapılmaktadır. Son olarak tavan döşemesi üzerine 2,5 cm kalınlığında 400 Kg dozlu çimentodan şap atılır. Böylece kaba inşaat bitirilmiş olur.



Şekil 5 Döşeme panellerinin hazırlanması [5]



Şekil 6. Döşemenin betonlanması [5]

“EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi”nin olumlu yönleri;

- Düşey taşıyıcıların betonarme perde duvarlar olması nedeniyle yanal rijitliğinin yüksek olması,
- EPS panellerin betonu sarıp, betona kalıp görevini yerine getirmesi nedeniyle, betondaki su kaybının azalması, böylece sıcak ve soğuk iklim koşulları altında uygulanabilmesi,
- Yapım süresinin kısalığı,
- Uzman işçi ihtiyacının düşük olması ve az sayıda işçiyle uygulanabilmesi,
- Düz işçilerin yapım sistemini kolaylıkla öğrenebileceği derecede basit olması,
- Kalıp ihtiyacının minimum düzeyde olması,
- EPS panellerin hafif olması, dolayısıyla şantiyedeki yerlerine işçiler tarafından kolayca yerleştirilebilmesi,
- Panel elemanların fabrikada üretiminin kolay ve çabuk olması,
- Fabrikada üretilen modüler yapı bileşenlerinin, kalitesinin kontrol edilebilmesi,
- Nakliye maliyetinin düşük olması,
- Üretim tesislerinin basitliği ve kolayca kurulabilmesi,
- Malzemenin depolanmasının kolay olması,
- Duvar ve döşeme içinden geçirilecek tesisatların kolayca yerleştirilebilmesi,
- Tüm ısı bölgeleri için yeterli ısı yalıtımının sağlanması,
- Yüksek ses yalıtımı ve yangın dayanımı sağlanmasıdır.

“EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi”nin olumsuz yönleri;

- Sadece çift yönde sürekli temel sistemiyle inşa edilebildiği için, temel maliyetlerinin tekil temele ve tek yönde sürekli temele göre daha fazla olması,
- Oluşturulan duvarların, diğer yapım sistemlerine göre daha ağır olması,
- Duvarda diğer yapım sistemlerine göre daha fazla miktarda betonun kullanılması,
- EPS köpük panellerin üretim maliyetinin yüksek olması,
- EPS panelleri üretecek fabrikaların ülke geneline yayılmamış olması,
- Yapım sistemi olarak Türkiye’de yaygın kullanılmaması,
- Yıllık üretim kapasitesinin çok yüksek olmaması,
- Duvar içinden geçirilecek elektrik ve su tesisatının yerleştirilme zorluğudur.

Gazbeton Dolgulu Betonarme Karkas Yapım Sistemi

Karşılaştırmanın yapılacağı ikinci yapım sistemi olarak, Türkiye genelinde kullanımı yaygın olan ve konvansiyonel yapım sistemleri içinde sınıflandırılabilir bir yapım sistemi olarak betonarme karkas yapım sistemi seçilmiştir. Sistemin taşıyıcı elemanları betonarme malzemeli kolon, giriş ve döşemelerdir. Yapının statik analizi yapılarak, gerekli miktarda nervürlü çelik kullanılmıştır. Kolon, giriş ve döşeme betonlarını tutmak için düşeyde ve yatayda yeterli miktarda kalıp kullanılmıştır. Taşıyıcı sistemdeki beton malzeme BS20 kalitesinde hazır betondur. Tavan döşemesi üzerinde 2,5 cm kalınlığında düzeltme betonu kullanılmıştır. İç ve dış duvarlarında ısı ve ses yalıtımını artırmak amacıyla 25 cm kalınlığında gazbeton bloklardan oluşan duvarlar kullanılmıştır. Duvarların dışında 3 cm kalınlığında perlitli çimento ile izolasyon sıvası, içinde ise 2,5 cm kalınlığında 350 Kg. dozlu harçla tek kat serpmeye sıva yapıldığı öngörülmektedir. Tavanda ise 1 cm kalınlığında kireç-çimento karışımı harçla sıvası yapılacağı kabul edilmiştir.

Isı Yalıtımı Yönünden Karşılaştırma

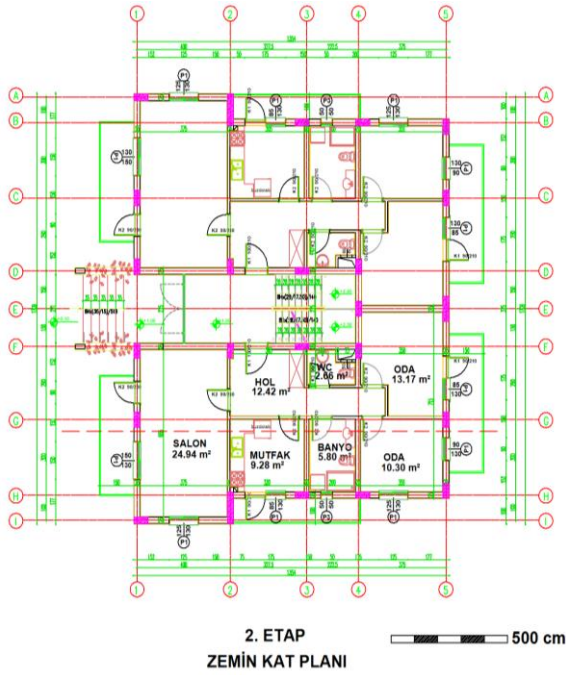
Türkiye, TS 825'e göre dört derece gün bölgesine ayrılmıştır. En sıcak bölge birinci, en soğuk bölge ise dördüncü bölgedir. Tek katlı, basit bir mimari plan şemasına sahip olan bir konutun Türkiye'nin dört farklı derece gün bölgesinde "Gazbeton Dolgulu Betonarme Karkas Yapım Sistemi (Şekil 7)"ne göre ve "EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi (Şekil 8)"ne göre inşa edildiği varsayımı altında ısı yalıtımı hesapları yapılmıştır. Duvar ve tavanda oluşan toplam ısı geçirgenlik katsayısı olan U ($W/m^2.K$) (1) numaralı formülle hesaplanmaktadır. Bu formüldeki R_i iç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$), R_e dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnci ($m^2.K/W$), d duvar veya tavan döşemesini oluşturan her bir katmanın metre cinsinden kalınlığı ve λ_h ise her bir katmanın ısı iletkenlik hesap değerleri ($W/m.K$)'dir [7].

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{d_1}{\lambda_{h1}} + \frac{d_2}{\lambda_{h2}} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_{hn}} + R_e} \quad (1)$$

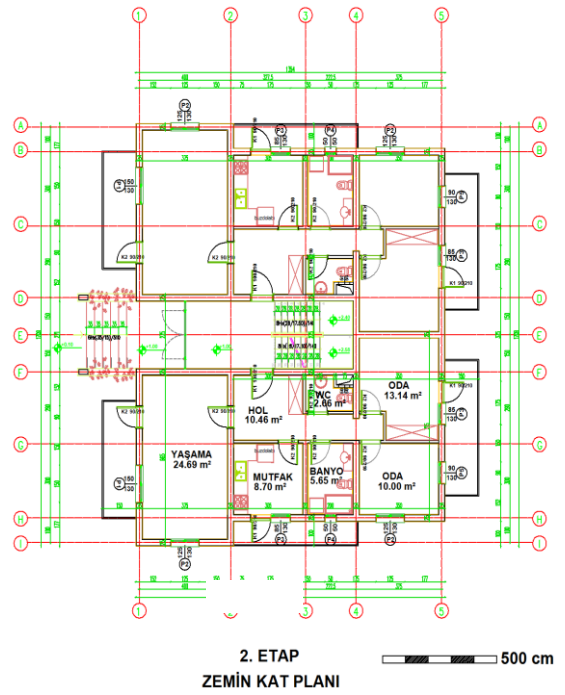
Duvar, kolon-giriş-hatıl ve tavan döşemelerinin sahip olduğu toplam ısı geçirgenlik katsayıları (U) hesaplanmış ve bulunan U değerleri TS 825'de belirtilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonrasında yeterli ısı yalıtımı yapabilen yapı bileşenlerine fazladan ısı yalıtımı yapılmazken, yetersiz bulunan yapı elemanlarına Tablo 1'de gösterilen kalınlıklarda EPS panellerle yalıtım yapılmalıdır.

Tablo 1. Gerekli ısı yalıtım malzemesi kalınlıklarının, ısı bölgelerine göre değişimi [5]

Yapım Sistemi	Derece Gün Bölgesi	Duvar [cm]	Kolon, kiriş veya hatıl [cm]	Tavan Döşemesi [cm]
Gazbeton Dolgulu Betonarme Karkas Yapım Sistemi	1. Bölge	-	3	8
	2. Bölge	-	6	10
	3. Bölge	3	6	12
	4. Bölge	6	8	16
EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi	1. Bölge	-	-	-
	2. Bölge	-	-	-
	3. Bölge	-	-	-
	4. Bölge	-	-	-



Şekil 7. Betonarme Karkas Konut Planı [5]



Şekil 8. EPS Kalıplı Betonarme Konut Planı [5]

Tablo 1 incelendiğinde, çıkarılabilecek sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Betonarme karkas yapım sistemi için 25 cm kalınlığındaki gazbeton duvar, dışta 3 cm perlitli sıva ve içte 2 cm çimento harcı sıvayla birlikte duvarda kullanıldığında; 1. ve 2. ısı bölgelerinde yeterli yalıtımı yapmaktadır.
- En kalın ısı yalıtım malzemeleri, tavan döşemelerinde kullanılmakta olup; 2,5 cm şap, 15 cm betonarme döşeme ve 1,5 cm tavan sıvası katmanlarının olduğu betonarme karkas yapım sistemiyle oluşturulan tavan döşemesinin ısı yalıtım ihtiyacı, diğer yapım sistemine göre daha fazladır.
- Betonarme karkas yapım sistemi için kolon, kiriş ve hatıllarda ısı yalıtımı açısından önlem alınması gerekmektedir.
- EPS kalıplı betonarme yapım sistemi ile inşa edilen konutlarda, duvar ve tavan döşemesi için ayrıca ısı yalıtımı yapılmasına gerek kalmamaktadır. Zira duvarda iki katman olarak kullanılan 3,7 cm ve tavan döşemesinde kullanılan 15 cm kalınlığındaki EPS paneller yeterli ısı yalıtımını sağlamaktadır.

Kaba Yapım Maliyeti Yönünden Karşılaştırma

Karşılaştırması yapılan her iki yapım sistemi için, önceki bölümlerde açıklanan yapı bileşen ve malzemelerinin kullanıldığı tek katlı konutun kaba yapım maliyetleri, her yıl açıklanan birim fiyat değerlerine [8] göre ve Türkiye'deki dört derece gün bölgesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen kaba yapım maliyetleri konutun toplam kullanım alanına bölünerek birim alan değerleri elde edilmiş olup bu birim alan değerleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Kaba yapım birim maliyet değerlerinin ısı bölgelerine göre değişimi [5]

Alternatifler	Gazbeton Dolgulu Betonarme Karkas Yapım Sistemi [TL/m ²]	EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi [TL/m ²]
1. Derece Gün Bölgesi	148,38	148,33
2. Derece Gün Bölgesi	154,58	149,64
3. Derece Gün Bölgesi	159,87	150,96
4. Derece Gün Bölgesi	162,64	150,96

Tablo 2 incelendiğinde, çıkarılabilecek sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- 1. Derece gün bölgesi için yapılan birim maliyet analizine göre her iki yapım sisteminin de kaba yapım birim maliyetleri neredeyse eşit denilebilecek ölçüde birbirine oldukça yakın çıkmıştır.
- 2. Derece gün bölgesi için yapılan birim maliyet analizlerinde betonarme karkas yapım sistemiyle inşa edilen konutun kaba yapım birim alan maliyetinin EPS kalıplı betonarme yapım sistemine göre % 3,3 daha pahalı olduğu,
- 3. Derece gün bölgesindeki konutta aradaki farkın % 5,9'a çıktığı ve
- 4. Derece gün bölgesindeki konutta ise aradaki kaba yapım maliyet farkının % 7,7 seviyesinde olduğu gözlenmektedir.

Sonuç

Günümüzde sürdürülebilir mimarlık adına, binalarda kullanmak için yenilenebilir ve temiz enerji elde edilmesi, su toplanmasında ve kullanımında yeni önlemler alınması ve enerji etkin tasarlamayla daha az enerji harcanması gibi pek çok yaklaşım gündemdedir. Dünya genelinde üretilen tüm enerjinin yaklaşık %50'sinin binaların tasarım, yapım ve kullanım aşaması sırasında harcandığının belirlenmesi sonucu bu alanda acil önlem alınması gündeme gelmiştir. Günümüz Türkiye'sinde yaygın olarak kullanılan konut yapım sistemi olan betonarme karkas yapım sistemi yerine, daha az enerjiye gereksinim duyan, ısı konfor açısından daha elverişli mekanların daha düşük maliyetlerle yapılabileceği alternatif yapım sistemlerinin araştırılması bildiri kapsamında irdelenmiştir. Türkiye'de çok yaygın olarak uygulanmayan ancak sürdürülebilirlik açısından konvansiyonel sistemlere nazaran daha olumlu sonuçlar ürettiği gözlenen "EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi", betonarme karkas yapım sistemine göre Türkiye'nin dört derece gün bölgesi için sağladığı ısı yalıtım değerleri açısından daha üstün ve kaba inşaat maliyeti yönünden de daha ucuz olduğu belirlenmiştir.

Bu bağlamda yapılan çalışmanın sonunda ulaşılan sonuçlar kısaca şöyle özetlenebilir:

1. EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi'yle yapılan konutun duvarlarında Türkiye'nin neresinde olursa olsun ekstra yalıtım malzemesine ihtiyaç duymamaktadır. Oysa ki 25 cm kalınlığındaki gazbeton duvarlı betonarme karkas yapım sistemiyle yapılan konut 3. ve 4. derece ısı bölgelerinde yeterli olmamaktadır.
2. Betonarme karkas yapım sistemindeki kolon, kiriş ve hatılarda meydana gelen ısı kaybı TS 825'de belirtilen değerlerin üzerinde olup derece gün bölgesindeki değişime göre 3 ila 8 cm arasındaki kalınlıklarda yalıtımı gerekli kılmaktadır.

3. EPS Kalıplı Betonarme Yapım Sistemi'yle yapılan konutun tavanında dört derece gün bölgesi için yeterli ısı yalıtımı sağlanmakta olup, betonarme karkas yapım sisteminin tavanında 8 ila 16 cm kalınlığında ısı yalıtım malzemesine ihtiyaç duyulmaktadır.
4. Konutların kaba yapım birim alan değerleri incelendiğinde, EPS kalıplı betonarme yapım sistemi'yle inşa edilen konutun gazbeton duvarlı betonarme karkas yapım sistemiyle inşa edilen konuta nazaran tüm ısı bölgeleri için daha ucuza mal edilebileceği gözlenmektedir.
5. Konutların birim alan maliyetleri arasındaki fark ülkenin soğuk bölgelerine gittikçe artmakta olup I. Derece gün bölgesinde %0; II. Derece gün bölgesinde %3,3; III. Derece gün bölgesinde %5,9 ve IV. Derece gün bölgesinde %7,7 seviyesinde gerçekleşmektedir.

Kaynaklar

- [1] Şenel, A., (2010). *Sürdürülebilir Bina Yapım İlkelerinin ve Yeni Yaklaşımların İncelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s: 10.
- [2] The World Watch Institute, (2003). *World Watch Institute Publications: State of the World*. 22 Temmuz 2009, <http://www.worldwatch.org/node/1042>
- [3] Cebeci, N. (2005). *Enerji Tasarrufu ve Mimar*, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildirisi, İzmir.
- [4] Erengöz, Ç. (2005). *Enerji Mimarlığı*, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildiri Özetleri, 47-48.
- [5] Savaşır, K. (2008). *Afet Sonrası Uygulanacak ve Geçiciden Kalıcıya Dönüştürülecek Konut Tasarımları İçin Türkiye Koşullarına Uygun Yapım Sistemlerinin İrdelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s.105.
- [6] Tezcan, S., Kaptan, K. ve Erkal, A. (2005). *Sismo Yapı Teknolojisi Değerlendirme Raporu*, Ağustos, İstanbul.
- [7] <http://www.izocam.com.tr/izocam/media/teknik-yayinlar/ts-825.pdf>
- [8] <http://www.birimfiyat.net>

ALÜMİNYUM VE CAM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI ve PERFORMANS AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Osman Zeki ŞAHİN
Yeliz Tülübaş GÖKUÇ

ÖZET

Bu bildiri günümüzde sıkça uygulanmakta olan giydirme cephelerle ilgili bugüne kadar çeşitli tezler ve makalelerdeki tanımlamalarının dışında günlük yaşamda kullanılan (üretici, satıcı, uygulayıcı ve müşteri açısından) adları ile Giydirme Cephe Sistemlerinin sınıflandırılması ve performansları ele alınmıştır. Çalışma; giydirme cephe sistemlerini sınıflandırıp; performans değerlendirmelerini yaparak, hem karşılaştırılmış seçeneklerden en uygun olanının seçimine hem de kullanılmış ürünün gelişimine katkıda bulunmak amacıyla yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Alüminyum, cam, giydirme cephe, su sızdırmazlık, hava geçirgenlik, rüzgar (taşıyıcılık) performansı

**Bildirimize katkıları sebebiyle FTI Fasad Teknoloji Merkezi firma yetkililerinden Sn. Murat SEYHAN ve Sn. Oktay USTA'ya teşekkür ederiz.*

¹ Osman Zeki ŞAHİN (Mimar, KTÜ) Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çağış Yerleşkesi,
Tel:02666121454 osmanzekisahin@gmail.com

² Yrd. Doç. Dr. Yeliz Tülübaş GÖKUÇ (Balıkesir Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü) Tel:
02666121194 yeliztulubas@hotmail.com

1. Giriş

Giydirme cephe sistemlerinin dünyada kullanılmaya başlanmasından bu yana yaklaşık 200 yıl geçmiştir. Tabii, bu çeliğin ve camın bulunması işlenmesi ve beraber kullanılması ile farklı bir boyuta sonrasında alüminyumun (hafif malzeme) bulunup işlenmesi ve camla beraber kullanılması ile çok daha farklı bir boyuta taşınmıştır.

Ülkemizde ise; 1960'lı yıllarda ilk cephe uygulamaları (Zincirlikuyu Karayolları Binası ve Kızılay Emek İşhanı) yapılmaya başlanmış, son 25 yıldır ise sürekli gelişen bir ivmeyle cepheler ülkemizde artarak uygulanmaya devam eden bir iş haline gelmiştir.

Bu çalışma da; giydirme cephelerle ilgili bu hızlı süreç devam ederken, “giydirme cephelerin gerçek işlevlerini (hava geçirimsizlik, su sızdırmazlık, rüzgar (taşıyıcılık) performansı) yerine getirip getirmediği irdelenmeye çalışılmıştır.

2. Giydirme Cephe Kavramı

Giydirme cephe kavramına ilişkin literatürde çok sayıda tanımlama yer almaktadır (1, 2, 3, 4). Direk (2003)'e göre giydirme cephe; yapının taşıyıcı sistemi içinde hiçbir görevi olmayan, bu taşıyıcı sisteme kendi ölü yükü ve etkilendiği rüzgâr, deprem gibi yükleri özel bağlantılarla ileten, yapı fiziği sorunlarını ince bir kesitte çözebilen, dayanıklı, hafif gereçlerle yapılan, yalıtım ve güvenlik problemlerini eksiksiz yerine getirebilen, modüler koordinasyon ilkelerine uygun olarak hazırlanan bir düşey kabuktur [1].

Başka bir kaynağa göre ise giydirme cephe; modüler koordinasyon ilkelerine uygun olarak hazırlanan, yapının taşıyıcı sistemine dahil olmayıp kendi ağırlığını ve rüzgar yükünü özel bağlantı elemanları vasıtasıyla aktaran, ince bir kesitte çözülen, farklı yüzeylerin bir araya getirilmesiyle oluşan bir yapı kabuğu olarak tanımlanmıştır [2].

3. Giydirme Cephelerin Sınıflandırılması

Giydirme cephe sistemlerini çeşitli şekillerde sınıflandırmak mümkündür. AAMA (American Architectural Manufacturers Association)'ya göre; mevcut sistemler ele alınmış ve panelin kompozit, metallerden, ünitenin ise opak ve cam alanlardan oluşması gibi malzeme ve üretimden kaynaklanan çok küçük bir farkla ayrıldıklarını belirtmiştir [5].

Özkan E. [6] ise sınıflandırmayı, ‘nesne veya olguların ve bunlarla ilgili bilgilerin ayırıcı özelliklerine göre bölümlenmesi’ olarak kısaca tanımlamaktadır. Bu anlamda giydirme cepheler, değişkenlerinin saptanması ve bu değişkenlerin belli bir ayrıntıda düzenlenmesi yolu ile sınıflandırılabilir. Buna göre giydirme cepheler:

- Kabuk sayısına göre,
- Tabaka ve kabuk sayısına göre,
- Cephe sistem bileşenleri ve bileşenler arası ilişkiye bağlı olarak: taşıyıcı ızgara türüne göre,
- Taşıyıcı ızgara – dolgu birimi arası bağlantı şekline göre,
- Montaj türüne göre sınıflandırılmaktadır.

Giydirme cephe sistemlerindeki örtü bileşeninin taşınma ilkesi, birime etkiyen yüklerin bağlantılar yoluyla taşıyıcı ızgaraya aktarılması esasına dayanır. Örtü bileşeni olarak ele alınan cam pano, kendi ağırlığının etkisiyle düzlemi içinde oluşan sabit yükler ile düzlemine dik tesir eden rüzgar yükleri gibi hareketli yüklerin etkisi altındadır. Sabit ve hareketli yüklerin etkisiyle oluşan gerilmeler, cam pano ve taşıyıcı ızgara arasındaki bağlantılara aktarılırlar.

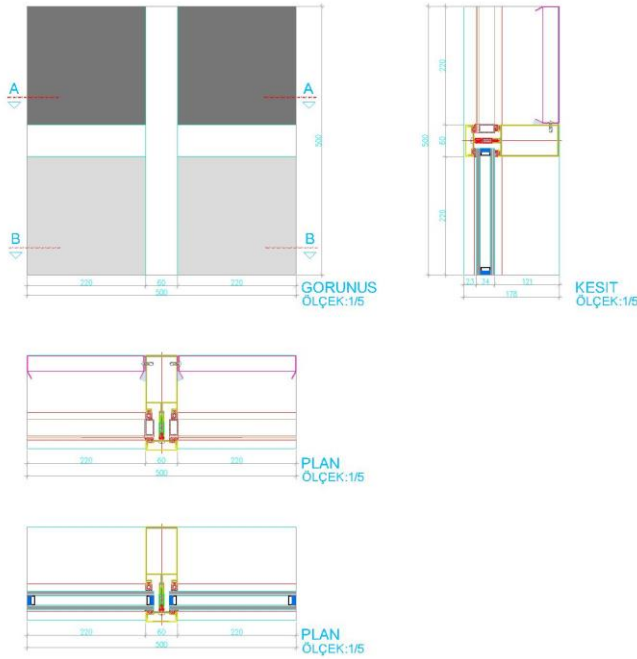
Bu çalışma kapsamında giydirme cephe sistemleri ‘montaj türüne’ ne göre sınıflandırılmış; çubuk, yarı panel ve panel sistemler olarak üç gruba ayrılmışlardır. Bu üç grup içerisinde çubuk ve panel

sistemlerin ülkemizde genellikle en sık uygulanan tiplerinin performansları açısından karşılaştırması yapılacaktır.

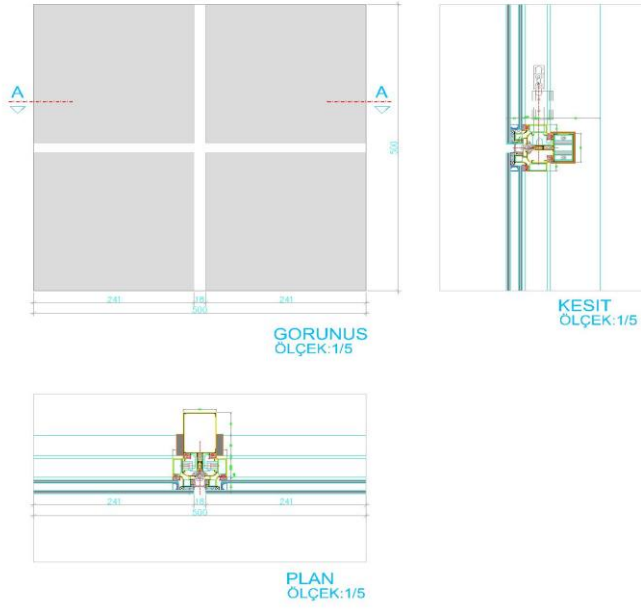
3.1. Çubuk Sistemler

Bu sistemde bina cephesine aks aralarında çubuklar asılır. Bunların arasına yatay kayıtlar monte edilir, cam içten ya da dıştan takılır. Ekonomik bir sistem olmasına rağmen yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu zayıftır. Bu sistem içerisinde kapaklı cephe sistemi ve strüktürel silikonlu cephe sistemi değerlendirmeye alınmıştır.

- **Kapaklı Cephe Sistemi;** sistemin karakteristik özelliği cephe dışından alüminyum profillerin görünmesidir. Çeşitli ölçülerde (std. 50mm) görünen bu kapaklar pek çok farklı geometrik kesite sahiptirler. Kapak alternatifleri çok olan bu sistemin uygulanması; ayarı bitmiş olan alüminyum alt konstrüksiyon üzerine yerleştirilen camın önce baskı profillerinin uygun yuvalara vidalanması ile sıkıştırılıp sızdırmazlığın sağlanmasını müteakip istenilen kesitteki kapak profilinin yuvasına oturtularak montaj işleminin tamamlanması şeklindedir. Kapaklı cephede mekanik olarak bağlanan profillerin cam ilişkisindeki ısı, ses ve su izolasyonu EPDM fitiller ile sağlanmaktadır. Ayrıca yatay ve düşey fugaların kesiştiği yerlerde baskı profilinden önce kullanılan özel alüminyum folyolu izolasyon bantları vasıtasıyla kesin garantili sızdırmazlık sağlanmaktadır.



Şekil 1. Kapaklı Cephe Sistem Örneği
(Çizim: Osman Zeki Şahin)



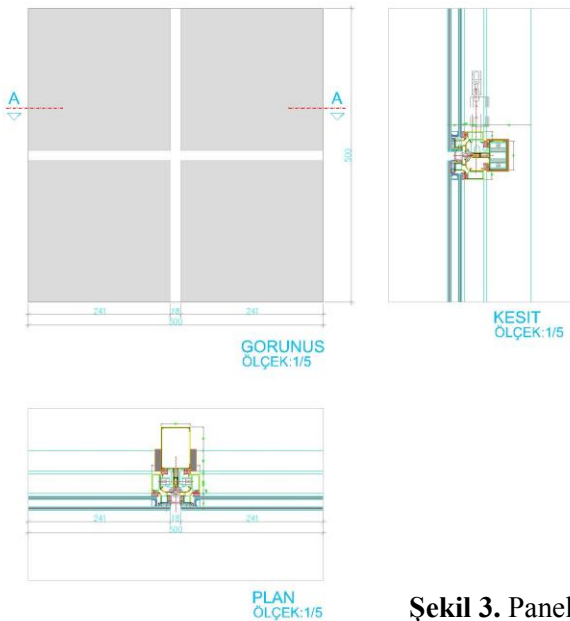
- **Strüktürel Silikonlu Sistem;** Alüminyum düşey ve yatay cephe karkasları ve alt konstrüksiyonun oluşturulduğu bu sistemde; camlar alüminyum profillerden oluşturulan kasetler üzerine özel kimyasallarla (strüktürel silikon) yapıştırılır. Daha sonra camlı kasetler, alüminyum karkaslar üzerine sistem aparatlarıyla bağlanır. Cam paneller arasındaki sızdırmazlık çift EPDM fitilleri ile sağlandığından, panellerin arasına sızdırmazlık silikonu çekilmez. Tüm cam modüller istenildiği takdirde, (kapalı iken dışarıdan hangisinin açılır olduğu belli olmaksızın) mekanizma ve kol takviyesi ile dışa açılır gizli kanatlar haline getirilebilir. Silikon cepheler de kullanılacak ısı camlar U.V. ışınlarından etkilenmeyen özel silikon dolgulu ve kademeli olarak imal edilirler. Sistem detayına göre imal edilen kasetlere ısıcamlar fabrika ortamında mesafe belirleyici bant ve yapıştırma silikonu ile yapıştırılır.

Şekil 2. Strüktürel Silikonlu Cephe Sistem Örneği (Çizim: Osman Zeki Şahin)

3.2. Yarı Panel Sistemler

Paneller kat bazında yatay şeritler halinde hazırlanmış, kat boyunca büyük paneller gibidir. Demonte olarak şantiyeye getirilir, şantiyede monte edilir. Camlar şantiyede içten ya da dıştan takılır. Çubuk sistemin ekonomik yönü ile panel sistemin yüksek yapılar için önemli bir özelliği olan, bina hareketlerine uyum kabiliyetinin birleştirilmiş bir şeklidir.

3.3. Panel Sistemler



Doğrama elemanları taşınabilir bir iki aks ve bir kat yüksekliğinde elemanlar halinde hazırlanır. Camlı bir şekilde paneller şantiyeye getirilir. Yatay ve düşey bina hareketlerine tam olarak uyum sağlayabilir. Aynı zamanda çok hızlı bir montaj imkânına sahiptir. Bu nedenle yüksek ve çabuk bitirilmesi gereken inşaatlar için ekonomik bir sistemdir.

Şekil 3. Panel Cephe Sistem Örneği (Çizim: Osman Zeki Şahin)

4. Cephe Sistemlerinin Performansları

Ülkemizde sadece TS EN standartları uygulanabilir; herhangi bir performans standardı olmadığı durumda kullanılacak standartlar; CWCT (Centre for Window and Cladding Technology), ASTM (American Society for Testing and Materials) ve AAMA (American Architectural Manufacturers Association) standartlarıdır [7].

Genel olarak giydirme cephe sistemlerinde hava geçirgenliği, su sızdırmazlık, rüzgar (taşıyıcılık) dayanımı, akustik (ses), ısı performans ve sismik hareketlere bağlı yer değiştirme testleri yapılmaktadır. Bu testler yapılırken belirli kriterler esas alınmaktadır.

4.1. Hava Geçirgenlik Performansı

- Hava geçirgenliği - Performans gerekleri değerlendirilirken TS EN 12152 standardı kullanılmaktadır. Bu standart, pozitif ve negatif hava basıncı altında giydirme cephelerin sabit ve açılabilir parçalarında hava geçirgenliği ile ilgili gerekleri ve bu parçaların hava geçirgenlik bakımından sınıflandırılmasını kapsar.
- Hava geçirgenliği – Sınıflandırma, TS EN 12152’de verilen bölgesel ve konum itibariyle ortaya çıkabilecek tüm durumları yeterli şekilde kapsamak üzere beş sınıf oluşturulmuştur (Tablo 1 veya alternatif olarak Tablo 2).

Giydirme cephenin bir sınıfa dâhil olması için, ilgili sınıfa ait Tablo 1 veya Tablo 2’de verilen en büyük deney basıncı altında ve TS EN 12153’te belirtilen ara basınçlar altında izin verilen hava geçirgenliğini hiçbir deney basıncı kademesinde aşmaması gerekir.

Tablo 1 - Hava geçirgenlik sınıfları (A)
Toplam alanın esas alındığı (TS EN 12152)

En büyük basınç değeri Pen büyük (Pa)	Hava geçirgenliği $m^3/m^2.h$	Sınıf
150	1,5	A1
300	1,5	A2
450	1,5	A3
600	1,5	A4
>600	1,5	AE

- 150 Pa’dan daha az basınç altında, $1,5 m^3/m^2.h$ ’ten daha fazla hava sızdıran numuneler herhangi bir sınıfa dâhil edilmez.
- 600 Pa’dan daha yüksek basınç altında $1,5 m^3/m^2.h$ ’ten daha az hava sızdıran numuneler E (istisnai) olarak sınıflandırılır.

Tablo 2 - Hava geçirgenlik sınıfları (A)
Sabit birleşim yeri uzunluğunun esas alındığı (TS EN 12153)

En büyük basınç değeri Pen büyük (Pa)	Hava geçirgenliği $m^3/m.h$	Sınıf
150	0,5	A1
300	0,5	A2
450	0,5	A3
600	0,5	A4
>600	0,5	AE

- 150 Pa’dan daha az basınç altında, $0,5 m^3/m.h$ ’ten daha fazla hava sızdıran numuneler herhangi bir sınıfa dâhil edilmez.
- 600 Pa’dan daha yüksek basınç altında $0,5 m^3/m.h$ ’ten daha az hava sızdıran numuneler E (istisnai) olarak sınıflandırılır.

- Hava geçirgenliği – Deneysel Metodu TS EN 12153'e göre bu standart, giydirmeye cephenin hem sabit hem de açılabilir parçaları için hava geçirgenliğini tayin etmede kullanılacak metodu kapsar. Bu standart da, numunenin pozitif ve negatif basınç altında nasıl deneye tâbi tutulacağı açıklanmaktadır.



Resim 1 - 2. Hava Geçirgenlik Test Örnekleri: FTI

4.2. Su Sızdırmazlık Performansı

- Su Sızdırmazlık - Performans gerekleri değerlendirilirken TS EN 12154 standardı kullanılmaktadır. Bu standart, pozitif statik hava basıncı altındaki giydirmeye cephelerin sabit ve açılabilir bölümlerinin sızdırmazlıkla ilgili performans şartlarını ve su sızdırmazlığa göre sınıflandırılmasını kapsar.
- Su Sızdırmazlık – Sınıflandırma, TS EN 12154'de karşılaşılabilecek yerel ve bölgesel şartların tamamını yeterince kapsayan beş sınıf tanımlanmıştır.

Tablo 3 - Basınç kademeleri (TS EN 12154)

Sınıf	Basınç kademeleri (Pa) ve deney süresi (dakika) Pa/min	Su püskürtme hızı L/min m ²
R4	0/15; 50/5; 100/5; 150/5	2
R5	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5	2
R6	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5	2
R7	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5; 600/5	2
RE xxx	0/15; 50/5; 100/5; 150/5; 200/5; 300/5; 450/5; 600/5; 600/5'in üstünde, 150 Pa'lık basınç kademelerinde ve 5 dakika süre ile.	2

- Hesaplanmış tasarım rüzgâr basıncının 2400 Pa'dan daha büyük olduğu yerlerde, RE xxx sınıfı için istisnai deney basıncı, tasarım rüzgâr basıncının en az 0,25'i olarak alınmalıdır.
- Deney sonuçlarına göre, giydirmeye cephe mamul Tablo 4'de gösterildiği gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 4 – Sınıflandırma (TS EN 12155)

En büyük deney basıncı P _{en büyük} (Pa)	Sınıflandırma
150	R4
300	R5
450	R6
600	R7
600'ün üzeri	RE xxx

- 150 Pa'dan daha az basınçta su sızması olan numuneler için sınıf belirtilmez.
- 600 Pa'dan daha fazla basınçta su sızması olmayan numuneler E (İstisnai) olarak sınıflandırılır.

- P_{en} büyük, nihaî istisnaî deney basıncı ise, nihaî basınç, deney raporunda belirtilmelidir. Bu istisnaî basınç, her ilâve kademede 150 Pa basınç ve 5 dakika süre ile deney uygulanarak gösterilmeli ve nihaî basınç, sınıf gösteriminin alt indisi olarak gösterilmelidir (örnek olarak RE₇₅₀: RE₉₀₀: vb.).
- Su Sızdırmazlık – Deney Metodu TS EN 12155’e göre bu standart, giydirme cephelerin sabit ve açılabilir parçalarının su sızdırmazlığının tayini için uygulanacak deney metodunu kapsar. Numunenin dış yüzünün pozitif statik hava basıncı ile sürekli bir su tabakasına nasıl maruz bırakılacağı tanımlanmıştır.



Resim 3 - 4. Su Sızdırmazlık Test Örnekleri: FTİ

4.3. Rüzgar Yüküne Dayanım (Taşıyıcılık) Performansı

- Rüzgar Yüküne Dayanım (Taşıyıcılık) - Performans gerekleri değerlendirilirken TS EN 13116 standardı kullanılmaktadır. Bu standart, giydirme cephenin rüzgâr yükü etkisi altında; sabit ve hareketli kısımlarının pozitif ve negatif statik hava basıncı etkisi altında göstermesi gerekli yapısal performans şartlarını kapsar.
- Rüzgar Yüküne Dayanım (Taşıyıcılık) - Tasarım Yükü Altındaki Performans:
 - Pozitif ve negatif tasarım yükleri altındaki cephede sehim, yapısal mesnet noktaları arasında ölçülen çerçeve elemanının açıklığının 1/200’ünü ya da 15 mm’den hangisi küçükse onu geçmemelidir.
 - Cephede meydana gelen sehimin en az %95’i, yükün kaldırılmasından sonraki 1 saatlik süre içerisinde geri dönmeli ve yalnız geçici şekil değiştirme niteliğinde olmalıdır.



Resim 5 -6. Rüzgar (Taşıyıcılık) Test Örnekleri: FTİ

- Rüzgar Yüküne Dayanım (Taşıyıcılık) - Sınıflandırma TS EN 13116'da giydirmeye cephe montajları sırasında karşılaşılan düşey plânlardaki çok farklı sapmalar ve boyuttaki büyük farklılıklar dolayısıyla, çok çeşitli olan giydirmeye cephe sistemlerinde ve amaca yönelik tasarlanmış yapılarda yapısal sınıflandırma yapmak uygulama için pratik değildir.

Giydirmeye cephelere ait geçmiş deney sonuçları benzer düşey plân ve boyutlara sahip olmak şartıyla diğer özdeş yapı montajları için de uygulanabilir.

5. Araştırma Yöntemi

Bu çalışma için gerekli olan veriler Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilmiş FTI Fasad Teknoloji Merkezi'nden alınmıştır. Çalışmada giydirmeye cephe sistemleri (çubuk; 9 adet kapaklı ve 9 adet strüktürel silikonlu sistem ile 9 adet panel sistem) hava geçirgenlik, su sızdırmazlık ve rüzgar (taşıyıcılık) performansları açısından 27 ayrı projeden elde edilen 81 test sonucu ile SPSS Version 21 programında değerlendirilmiştir. Test edilen 27 adet numunenin (9 adet kapaklı sistem, 9 adet strüktürel silikonlu sistem, 9 adet panel sistem) hepsinin boyutları farklı olduğundan şematik çizimlerini vermek mümkün olamamaktadır. Test firmasının talebi doğrultusunda proje isimlerine bu çalışmada yer verilememektedir.

6. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmada çubuk sistemler ve panel sistemler 27 farklı proje üzerinden hava geçirgenlik, su sızdırmazlık ve rüzgar (taşıyıcılık) performansları açısından karşılaştırılmıştır.

6.1. Sistemlerin Hava Geçirgenlik Performansı Açısından Değerlendirilmesi

Tablo 5 'de sistemlerin karşılaştırmalı olarak hava geçirgenlik değerleri yer almaktadır.

Tablo 5. Sistemlere göre hava geçirgenlik (ortalama±standart sapma)

Sistem Adı	Hava Geçirgenliği (600 Pa)	
	Pozitif (m ³ /h/m ²)	Negatif (m ³ /h/m ²)
Kapaklı Cephe	0,86±0,36	0,94±0,42
Strüktürel Silikonlu Cephe	0,70±0,30	1,09±1,48
Panel Cephe	1,02±0,59	0,95±0,39

6.2. Sistemlerin Su Sızdırmazlık Performansı Açısından Değerlendirilmesi

Tablo 6 'de sistemlerin karşılaştırmalı olarak su sızdırmazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 6. Sistemlere göre su sızdırmazlık

Sistem Adı	Su sızdırmazlık (600 Pa / 5 dk)	
	Olumlu	Olumsuz
Kapaklı Cephe	7	2
Strüktürel Silikonlu Cephe	7	2
Panel Cephe	8	1

6.3. Sistemlerin Rüzgar (Taşıyıcılık) Performansı Açısından Değerlendirilmesi

Tablo 7 'de sistemlerin karşılaştırmalı olarak rüzgar -taşıyıcılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 7. Sistemlere göre rüzgar -taşıyıcılık (ortalama±standart sapma)

Sistem Adı	Rüzgar (Taşıyıcılık) Yüküne Dayanım	
	+15mm	-15mm
Kapaklı Cephe	4,92±4,40	4,93±4,33
Strüktürel Silikonlu Cephe	9,10±5,63	8,80±4,69
Panel Cephe	7,80±4,39	7,91±4,03

7. Sonuç

Bina kabuğunun iklim koşullarına göre nasıl cevap verebileceğini değerlendirebilmek için giydirme cephe sistemleri; sistemin imalatı ve uygulaması yapılmadan önce belirli testlerden geçirilmelidir. Testlerden elde edilen sonuçlara göre; ya cephe sistemi değiştirilmeli ya da sistemde detay iyileştirmeleri yapılmalıdır. Bu çalışmada; değerlendirilen test sonuçlarından elde edilen veriler ışığında;

Hava geçirgenlik performansı test sonuçlarının analizi sonucunda;

Kapaklı sistemin, strüktürel silikonlu cephe sistemi ve panel cephe sistemine daha iyi sonuç verdiği,

Su sızdırmazlık performansı test sonuçlarının analizi sonucunda;

Panel cephe sistemin, kapaklı ve strüktürel silikonlu cephe sistemlerinden daha iyi sonuç verdiği,

Rüzgar yüküne dayanım (taşıyıcılık) performansı test sonuçlarının analizi sonucunda;

Kapaklı cephe sisteminin, panel cephe sisteminden, panel cephe sisteminin de strüktürel silikonlu giydirme cephe sisteminden daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Değerlendirilen 27 projenin hepsi hava geçirgenlik ve rüzgar (taşıyıcılık) performansı açısından gerekli kriterleri sağlamakla birlikte, 5 adet projenin (tablo 6) su sızdırmazlık testini geçemediği sonucuna ulaşılmıştır.

FTI Fasad Teknoloji Merkezi gibi kurumlar tarafından değerlendirilen proje sayılarının artması doğrultusunda; sistemleri karşılaştırmak için daha sağlıklı verilerin elde edilebileceğini söylemek mümkündür. Cephe sistemi testlerinden olumlu sonuçlar alınsa da; giydirme cephe sisteminin bina kullanımı süresince performansını sürdürebilmesinin en önemli koşullarından birinin; bu sistemleri şantiyede uygulayacak proje danışmanı ve müdürleri, şantiye şefleri ve sahada çalışan ustaların bilgi ve beceri düzeyleri olduğunu da unutmamak gerekir.

8. Kaynaklar

- 1) **Direk, Y.S.**, (2003), 'Giydirme Cephe Tasarım Sürecinde Karar Vermek İçin Bir Yöntem Önerisi', Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 2) **Güvenli, Ö.**, (2006), 'Tarihsel Süreç İçinde Malzeme Cephe İlişkisi Ve Giydirme Cepheler', Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 3) **Çetin, S.**, (2010), 'Alüminyum Giydirme Cephe Bina Alt Sistemlerinin Uygulama Süreci Yönetimi –Ankara Arena Spor Kompleksi Örnekleme-', Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- 4) **Yıldırım, Ö.**, (2011), 'Giydirme Cephelerin Projelendirilmesinde Verimliliğin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 5) **AAMA**, (1996), Curtain Wall Design Guide Manual, AAMA Aluminum Curtain Wall Series, Cw-Dg-1, Illinois.
- 6) **Özkan, E.**, (1976), 'Yapım Sistemlerinin Seçimi için Bir Yöntem', Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- 7) **Çelik, Ç.T.**, (2006), 'Giydirme Sistemlerinde Test Metodları, Çatı ve Cephe Sempozyumu 2006, İstanbul

Eğimli Çatı Konstrüksiyonlarında Havalandırma ve Yoğuşma Kontrolü

Sibel Maçka Kalfa¹

Yalçın Yaşar²

Asiye Pehlevan³

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Günümüzde, özellikle yağışlı iklim bölgelerinde yağmur suyunun çatıdan uzaklaştırılmasında sağladığı olanaklardan dolayı eğimli çatı konstrüksiyonları az eğimli çatı konstrüksiyonlarına göre daha fazla kullanım alanı bulmaktadırlar. Ancak eğimli çatılarda çatı konstrüksiyonunu oluşturan katmanlarda yoğuşmanın önlenmesi ve yalıtım malzemesinin veriminin artırılması amacıyla sürekli, etkin bir havalandırma sağlanması gereklidir. Havalandırma vasıtasıyla yazın çatı örtüsü altındaki mekanın aşırı ısınması önlenirken, kışın dış ortama ısı kayıpları azaltılarak bina içindeki nemin ve buharın kontrollü bir şekilde dışarı atılması ile çatı örtüsü üzerindeki karın dengeli erimesi sağlanmaktadır. Eğimli çatı konstrüksiyonu, ısı yalıtım katmanının kullanım yerine ve havalandırma katmanını ile ilişkisine göre sıcak, soğuk ve hibrid çatılar olmak üzere üç grup altında incelenebilir. Bu çalışmada sıcak, soğuk ve hibrid çatı konstrüksiyonları eğim açıları, bulunulan yerin deniz seviyesinden yüksekliği ve geçilen açıklık dikkate alınarak havalandırma prensipleri ve yoğuşma kontrolü açısından irdelenecek, detaylandırma ilkeleri ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

ANAHTAR KELİMELER

Sıcak çatı, soğuk çatı, hibrid çatı, yoğuşma kontrolü, havalandırma

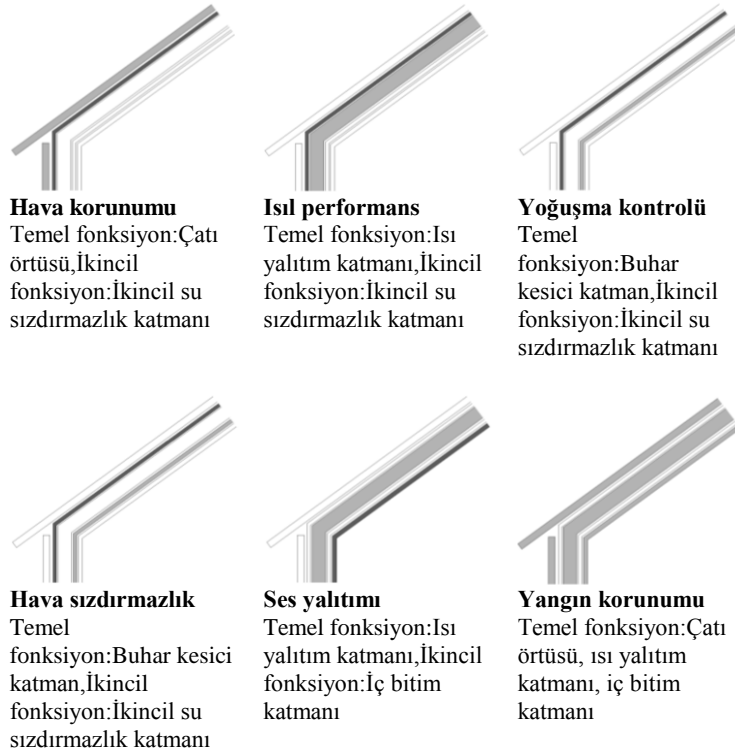
¹ Sibel Maçka Kalfa, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon/Türkiye, sibelmacka@ktu.edu.tr

² Yalçın Yaşar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon/Türkiye, yyasar@ktu.edu.tr

³ Asiye Pehlevan, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon/Türkiye, aphelevan@ktu.edu.tr

1.GİRİŞ

Çatılar bir binayı üstten sınırlayan ve iç ortamı dış atmosfer koşullarından ayıran önemli bir yapı elemanıdır. Yağmur, kar, güneş vb. gibi dış atmosferik koşulların etkisi altında kalan çatılar, kullanıcının iç ortam konfor koşullarını sağlamak için hava korunumu, ısı performans, yoğuşma kontrolü, hava sızdırmazlık, ses yalıtımı ve yangın korunumu gibi bir çok yapı fiziki fonksiyonunu yerine getirmekle yükümlüdürler [1]. Bu fonksiyonları yerine getirmek için bir çatı konstrüksiyonu farklı işlevli bir çok katmandan meydana gelmektedir. Bu katmanlar; çatı örtüsü, havalandırma katmanı, ikincil su sızdırmazlık katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici katman, hava sızdırmazlık katmanı, taşıyıcı eleman ve iç bitim katmanıdır. Şekil 1’de çatının üstlendiği fonksiyonlar ve bu fonksiyonları yerine getiren çatı katmanları görülmektedir [1,2].



Şekil 1. Çatının üstlendiği fonksiyonların çatı katmanlarıyla ilişkisi [1].

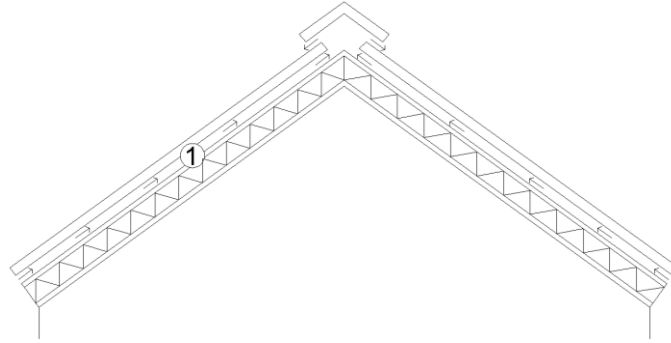
Eğimli çatı konstrüksiyonlarından yüksek oranda verim alınabilmesi için çatı taşıyıcısı, yalıtım katmanı ve havalandırma katmanı ile birlikte düşünülmelidir. Havasızlık her türlü hava koşulunda çatı konstrüksiyonunu zorlayan ve su buharından kaynaklı katmanlar üzerinde yoğuşmaya neden olan bir etkidir. Çatı konstrüksiyonunun havalandırılması özellikle biriken nemin ve sıcak havanın uzaklaştırılmasında çok önemlidir. Bu nedenlerle çatı konstrüksiyonunun havalandırılması etkin şekilde sağlanmalı ve ikincil su sızdırmazlık katmanı kullanımına dikkat edilmelidir.

2. EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARI

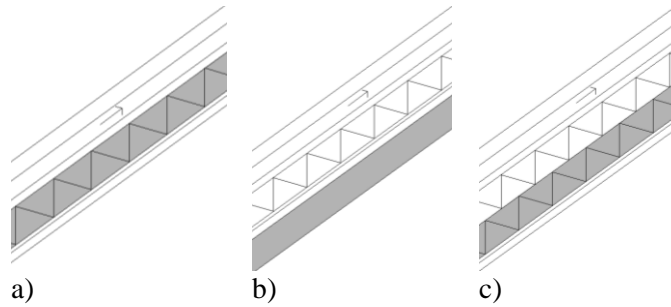
Eğimli çatı konstrüksiyonları ısı yalıtım katmanının kullanım yerine ve havalandırma katmanı ile ilişkisine bağlı olarak üç gruba ayrılmaktadırlar.

2.1. Sıcak çatılar

Sıcak çatıda ikincil su sızdırmazlık katmanı veya yayılma geciktirici katman ısı yalıtım katmanının hemen üstüne serilir. Isı yalıtım katmanının dışında yayılan su buharı havalandırılmayan yalıtımın soğuk tarafında yoğunlaşabilir ve doymuş hale gelir. İç tarafta uygulanan bir buhar kesici katman ılık doymuş buharlı havanın yalıtıma girmesini ve herhangi bir zarar verici yoğunlaşmayı önler. Geleneksel bir sıcak çatı; çatı örtüsü, ikincil su sızdırmazlık katmanı, ısı yalıtım katmanı, buhar kesici ve dengeleyici katman ve taşıyıcı elemanlardan oluşmaktadır. Sıcak çatı konstrüksiyonlarında çatı örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık tabakası arasında tek bir havalandırma katmanı bulunur. Sıcak çatı konstrüksiyonları ısı yalıtım katmanının eğim doğrultusunda, taşıyıcı elemanlar arasında ve üstünde yer aldığı ve çift kat ısı yalıtımlı konstrüksiyonlar olmak üzere üç gruba ayrılır. [1-6]. Şekil 2’de sıcak bir çatı konstrüksiyonu, Şekil 3’te ise ısı yalıtım katmanının konumuna göre sıcak çatı konstrüksiyonları görülmektedir.



Şekil 2. Tek havalandırma katmanlı sıcak çatı konstrüksiyonu
1.Çatı örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasındaki havalandırma [1-3]

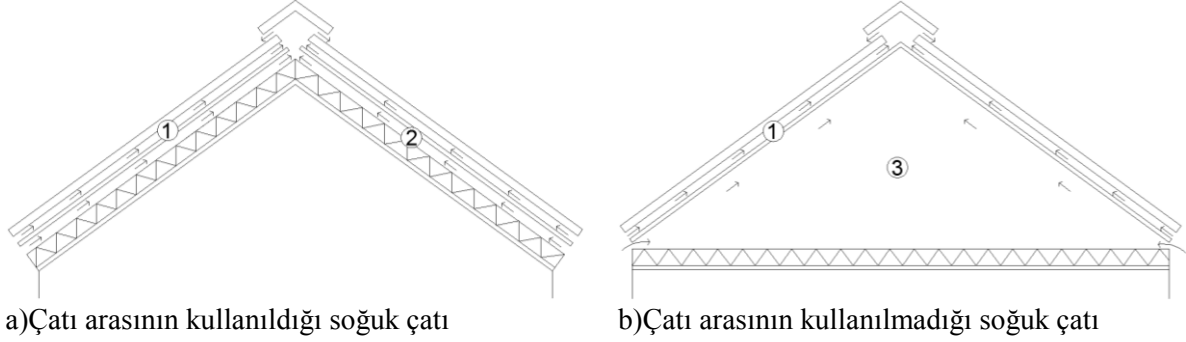


Şekil 3. Yalıtımın konumuna göre sıcak çatı konstrüksiyonları [1]
a)Taşıyıcı elemanlar arasında, b)Taşıyıcı elemanlar üstünde, c)çift kat yalıtımlı

2.2. Soğuk çatılar

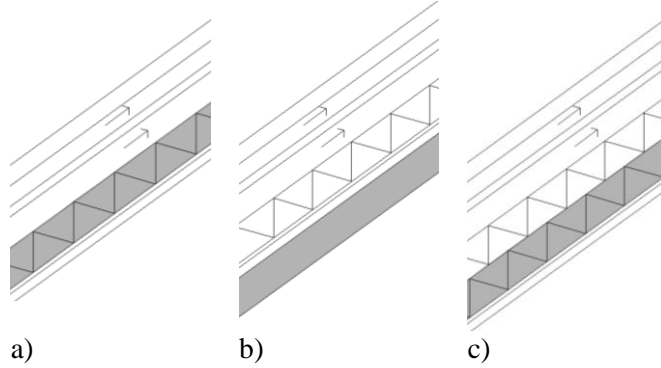
Soğuk çatılar, tip ve uygulama açısından oldukça değişiklerdir. Bu nedenle bu çatı türü hakkında geçerli genel saptamalar yapmak zordur. Genel olarak bir soğuk çatı üst kabuk, alt kabuk ve havalandırma çatı aralığından oluşmaktadır. Soğuk çatı konstrüksiyonunda üst kabuk konstrüksiyonu yağmur, kar, rüzgâr ve güneş gibi atmosferik koşullara karşı korur. Isı yalıtım fonksiyonu yoktur. Isı yalıtımı alt kabuk tarafından gerçekleştirilir [1,2]. Literatürde iki tip soğuk çatı tanımına rastlanmaktadır. Birinci tip soğuk çatı, ısı yalıtım katmanının eğim doğrultusunda uygulandığı, çatı

örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasında ve ikincil su sızdırmazlık katmanı ve ısı yalıtım katmanı arasında olmak üzere iki tane havalandırma katmanına sahip çatıları [1-3,7-10], ikinci tip soğuk çatı ise yalıtımın çatı eğimi doğrultusunda değil yatay döşemenin üstünde uygulandığı çatıları tanımlamaktadır [5,6]. Şekil 4'te soğuk çatı konstrüksiyonları, Şekil 5'te ise yalıtımın konumuna göre çatı arasının kullanıldığı soğuk çatı konstrüksiyonları görülmektedir.



Şekil 4. Soğuk çatı konstrüksiyonları [1-3]

1. Çatı örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasındaki havalandırma, 2. Isı yalıtım katmanı ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasında havalandırma, 3. Çatı arası boşlukta havalandırma

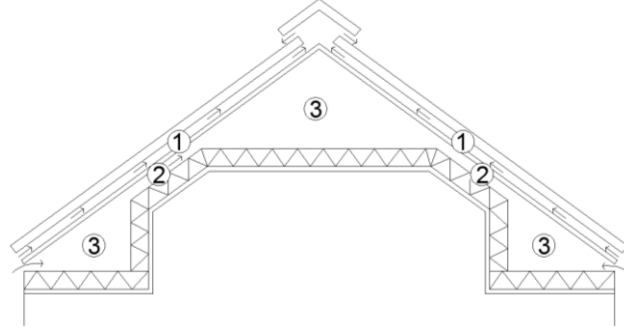


Şekil 5. Yalıtımın konumuna göre soğuk çatı konstrüksiyonları [1]

a) Taşıyıcı elemanlar arasında, b) Taşıyıcı elemanlar üstünde, c) çift kat yalıtımlı

2.3. Hibrid çatılar

Hibrid çatı konstrüksiyonları kullanılabilir çatı arası mekanları yaratmada sıklıkla tercih edilmektedirler. Literatürde bu çatı konstrüksiyonları havalandırılmalı sıcak çatı olarak da tanımlanmaktadır [11]. Hibrid çatı konstrüksiyonu kesiti hem sıcak çatı hem de soğuk çatı konstrüksiyon kesitlerini içermektedir [5]. Sıcak çatı konstrüksiyonunu içerdiği bölüm çatı arasının kullanıldığı soğuk çatı kesitiyle aynı olmakla birlikte, ikincil su sızdırmazlık ve ısı yalıtım katmanı arasında daha küçük bir havalandırma katmanı bulunmaktadır. Bu tip çatılarda ısı yalıtım katmanının altında kesinlikle buhar kesici katman kullanılması ve ikincil su sızdırmazlık katmanının hava geçirgen özellikli olması gereklidir. İkincil su sızdırmazlık katmanının geçirgen özellikte olmayışı katmanlar üzerinde yoğuşmaya neden olmakta ve yoğuşma sonucunda ısı yalıtım katmanı ve bağlantıları zarar görebilmektedir. Hibrid çatılarda yoğuşmadan kaynaklı zararları en aza indirmek için ısı yalıtım katmanının ve bağlantılarının hava sızdırmazlığının sağlanması gereklidir. Şekil 6'da hibrid bir çatı konstrüksiyonu görülmektedir. Bu çatı konstrüksiyonları sıcak çatı kesitini içerdiği bölümlerde Şekil 5'deki gibi ısı yalıtımının eğim doğrultusunda taşıyıcı elemanların arasında ve üstünde yer aldığı ve çift kat ısı yalıtımlı konstrüksiyonlar olarak üçe ayrılırlar. [5,11].



Şekil 6. Eğimli çatı konstrüksiyonları [5,11]

1.Çatı örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasındaki havalandırma, 2.Isı yalıtım katmanı ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasında havalandırma, 3.Çatı arası boşlukta havalandırma

Eğimli çatı konstrüksiyonları ısı yalıtım katmanının konumuna göre Şekil 3 ve Şekil 5’de gösterildiği gibi üç farklı konstrüksiyon tipine ayrılmaktadır. Bu konstrüksiyonlarının her birinin avantajları ve dezavantajları Tablo 1’de verilmiştir.

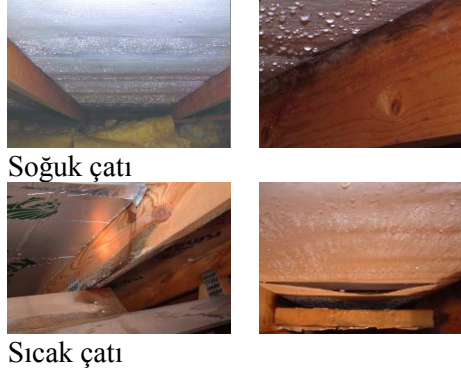
Tablo 1. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının taşıyıcı elemanların üzerinde, arasında, altında ve çift tabakalı kullanıldığı durumlardaki avantaj ve dezavantajları [6]

Isı yalıtımının konumu	Avantajlar	Dezavantajlar
Taşıyıcı elemanların üzerinde	Hava sızıntılarını azaltır,yalıtım performansını artırır,ısıl köprü oluşumunu engeller,yoğuşma riskini azaltır,iç ortamın aşırı ısınması önler,yazın istenmeyen ısı kazançlarını bloke eder	Yüksek maliyet, çatı kesitinde artış, birleşim detayları ve bağlantılardaki zorluk, yüksek kalitede işçilik, çatı yükünü artırma
Taşıyıcı elemanların arasında	Çatı kesitini artırmaz, düşük maliyet	Çatı kiriş kalınlığının en az gerekli yalıtım kalınlığı kadar olması, ısı köprüsü oluşumuna imkan verir,yüksek kalitede işçilik gerektirir, taşıyıcı elemanlara su buharı girişine neden olur.
Çift tabakalı	Yalıtımdan maksimum verimin alındığı en uygun konumdur. Diğer tüm uygulamaların avantajlarına sahiptir ve dezavantajları çok azdır.	Ek maliyet

3. EĞİMLİ ÇATI KONSTRÜKSİYONLARINDA YOĞUŞMA KONTROLÜ

Yaşam standartlarındaki değişim ve yapım sistemlerindeki farklılık yapılarıdaki nem oranının artmasına ve bundan kaynaklı yoğuşmanın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yoğuşmanın kendini en çok gösterdiği yapı elemanı çatılardır. Çatıda oluşabilecek nem kaynaklarının bilinerek denetim altına alınması, nemin en kötü etkisi olarak tanımlayabileceğimiz yoğuşmanın önlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Yoğuşma, içinde büyük miktarlarda su buharı bulunan havanın çatı konstrüksiyonunu oluşturan katmanların soğuk yüzeyleriyle karşılaştığında içindeki su buharının bir kısmının suya dönüşmesidir. Yoğuşma uzun süre devam ederse çatı taşıyıcı elemanları, çatı örtüsü ve yalıtım katmanlarında bozulmalara neden olmaktadır [12,13]. Şekil 7’de yoğuşmanın olduğu soğuk ve sıcak eğimli çatı konstrüksiyonu örnekleri görülmektedir. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında yoğuşma kontrolünün sağlanması için içinde su buharı bulunan havanın çatı konstrüksiyonu içerisine

girmesinin engellenmesi ve nemli havanın yoğunlaşarak çatıya zarar vermeden uzaklaştırılmasının sağlanması gereklidir. Bunun için; çatı konstrüksiyonunda tasarım ve uygulama aşamasında ikincil su sızdırmazlık katman seçiminin ve buhar kesici katman kullanımının doğru yapılması, döşemenin hava sızdırmazlığının sağlanması ve çatı konstrüksiyonun havalandırma gereksinimlerinin karşılanması gereklidir.



Şekil 7. Soğuk ve sıcak eğimli çatı konstrüksiyonlarında yoğuşma örnekleri [5]

3.1. İkincil su sızdırmazlık katmanı seçimi

Günümüzde çatılarda buhar geçirimsiz ve buhar geçirgen olmak üzere iki tip ikincil su sızdırmazlık katmanı kullanılmaktadır. Buhar geçirimsiz katmanlar yapı içinden gelen nemi geçirmediği için bu nemin birikmesinin engellenmesi ve çatıdan uzaklaştırılması amacıyla çatı konstrüksiyonunda havalandırma katmanı düzenlenmesi gereklidir. Buhar geçirgen katmanlar ise yapı içerisinden gelen nemi dışarı atabilen ve suyun çatı içerisine girişine izin vermeyen örtülerdir. Bu örtüler yüksek buhar geçirgenlik direncine sahiptirler ve bu sayede çatı konstrüksiyonunda havalandırma katmanına gerek duyulmaksızın ısı yalıtım katmanının üzerine serilerek yapı içerisinden gelen nemin uzaklaştırılmasını sağlarlar [13,14,15]. İkincil su sızdırmazlık katmanı buhar geçirgen bir malzeme ise su buharı geçirgenlik direnci 50 MNs/g (mega-newton saniye/gram)'ın üzerinde, buhar geçirimsiz bir malzeme ise 25 MNs/g (mega-newton saniye/gram)'ın altında olmalıdır. Şayet ikincil su sızdırmazlık katmanı çok küçük boşluklara sahip bir malzemeye su buharı geçirgenlik direnci 25 MNs/g (mega-newton saniye/gram)'dan büyük olmalı ve hava geçirimsiz bir malzeme olarak tanımlanmamalıdır [5].

3.2. Buhar kesici katmanı kullanımı

Özellikle sıcak çatı konstrüksiyonları olmak üzere eğimli çatı konstrüksiyonlarının tümünde nemli havanın çatıya ulaşmasının engellenmesi için, döşemenin üstünde yalıtım katmanının sıcak tarafında buhar geçirgenlik direnci yüksek olan buhar kesici katmanlar kullanılmaktadır. Ancak uygulamaların çoğunda buhar kesici katmanlar elektrik kabloları, sıcak ve soğuk su boruları, havalandırma kanalları gibi elemanlardan dolayı yer yer delinebilmekte buda nemin çatı konstrüksiyonuna ulaşip yoğunlaşmasına imkan sağlamaktadır. Bundan dolayı buhar kesici katmanın delindiği her noktada sızdırmazlığın sağlanması ve çatı konstrüksiyonunda havalandırma katmanı düzenlenmesi gereklidir. [13].

3.3. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında hava sızdırmazlık

Hava sızdırmazlığın sağlanması için çok farklı detaylandırma ilkeleri mevcuttur. Aşağıda Tablo 2'de sıcak ve soğuk çatı konstrüksiyonlarında farklı durumlar için hava sızdırmazlık katmanının kullanıldığı detaylar görülmektedir. Hava sızdırmazlık katmanı ısı yalıtım katmanının sıcak tarafına serilir ve montajı yapılır. Genellikle hava sızdırmazlık ve buhar kesicilik fonksiyonunu plastik tabakalar veya levha tipi malzemeler (OSB, kontraplak, alçı levha vb.) gibi tek bir katman üstlenir. Bu gibi malzemeler latalar üzerine yapıştırılarak veya mekanik montaj ile uygulanmaktadırlar. Eğimli çatı

konstrüksiyonlarında sadece buhar kesici katman veya hava sızdırmazlık katmanı olabildiği gibi iki katman birlikte de yer alabilmektedir. Hava sızdırmazlık katmanı yoğuşma kontrolünde gerekliyken havalandırma verimine etki etmemekte ancak yapı fiziği açısından binanın enerji etkinlik performansına buhar kesiciden daha çok etki etmektedir [1-6].

Tablo 2. Sıcak ve soğuk eğimli çatı konstrüksiyonlarında hava sızdırmazlık katmanı kullanımı-mahya detayı [1]

		Sıcak çatı	Soğuk çatı
Hava sızdırmazlık katmanı	Plastik esaslı tabaka		
	Levha tipi malzeme		

3.4. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında havalandırma

Eğimli çatı konstrüksiyonlarında meydana gelen sorunların büyük çoğunluğu doğru ve etkin bir havalandırma ile çözülebilmektedir. Etkin bir havalandırma ile nemin ve sıcak havanın uzaklaştırılmasını sağlamak için rüzgâr ve ısıl etkiden faydalanılır. Bu etkilerden faydalanarak eğimli çatıların havalandırılmasının etkin şekilde gerçekleştirilmesi için, çatı biçimi ve eğimi, geçilen açıklık, bulunulan yerin deniz seviyesinden yüksekliği, çatı boşluğunun kullanım durumu ve konstrüksiyon tipi, ısı yalıtımının konumu ve buna bağlı olarak çatı konstrüksiyon detayları bilinmelidir [1-5]. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında; sıcak çatılarda bir, soğuk çatılarda iki ve hibrid çatılarda üç havalandırma katmanı düzenlenir. Bunlar sırayla;

- Çatı örtüsü ve ikincil su sızdırmazlık katmanı arasındaki havalandırma katmanı (şekil 2)
- İkincil su sızdırmazlık katmanı ve ısı yalıtım katmanı arasındaki havalandırma katmanı (Şekil 4a)
- Çatı eğimi ve yatay döşeme arasındaki çatı boşluğu havalandırması (Şekil 6)

dır [10].

Bu ikinci ve üçüncü havalandırma katmanları çatının soğuk çatı olarak değerlendirilmesini sağlar. Bu tür havalandırma katmanları ile çatıda yoğuşma engellenir. Birinci tür havalandırma katmanı ile çatı örtüsü altında etkin ve devamlı bir hava sirkülasyonu yaratılmasının yararları şunlardır:

- Çatı örtüsü altında biriken su buharı yok edilir.
- Islanan çatı örtü malzemesinin hızla kuruması sağlanır.
- Yaz aylarında çatı örtüsü altında bulunan ısınmış durağan hava kütlesi dışarı atılarak, çatı altında serin bir alan yaratılır.
- Kış aylarında yapının iç kısmından gelen ısının kontrollü bir şekilde tasfiye edilmesiyle, kar örtüsü doğal ve kontrollü bir şekilde erir.
- Özel hava koşulları sonucu ortaya çıkan muhtemel su sızıntıları kurur [10].

Genellikle çatılarda etkili bir havalandırma için; hava giriş deliklerinin çatının altında (saçaklarda), hava çıkış deliklerinin ise çatının üstünde(mahyada) düzenlenmesine ve her ikisinin alanlarının birbirine eşit olmasına, mahyadan içeriye hava girişinin engellenmesi için negatif basınç alanı yaratıp rüzgarın yönünü değiştirecek bir yansıtıcı yüzey yerleştirilmesine, havalandırma için oluşturulan boşlukların toplam alanının, yalıtılmış döşeme alanının 1/150'si kadar olmasına ve havalandırma hattının engelsiz olmasına dikkat edilmelidir. Eğimli çatı konstrüksiyonlarında havalandırma boşluklarının giriş ve çıkış ölçüleri ve çalışma prensipleri konstrüksiyonda kullanılan ikincil su sızdırmazlık katmanının hava geçirgen olup olmamasına ve hava sızdırmazlık katmanı kullanımına ve eğime göre değişmektedir [1,2,10].

Tablo 3'de Şekil 2 ve Şekil 4a'da gösterilen 1 ve 2 nolu havalandırma katmanlarının derinliğinin çatı eğimi, giriş açıklığı ve deniz seviyesindeki yüksekliklere göre değişimi görülmektedir. 1 nolu havalandırma katmanının derinliğinin deniz seviyesinden yükseklikle ilişkili olmadığı ancak 2 nolu havalandırma katmanının derinliğinin deniz seviyesinden yükseklik arttıkça arttığı Tablo 3'de görülmektedir. 1 nolu havalandırma katmanının derinliği 5m'den küçük açıklıklı çatılarda tüm çatı eğimleri için aynı iken, açıklık arttıkça farklı eğimler için değişken değerler göstermektedir. Ancak Tablo 3'den de görüldüğü üzere 1 nolu havalandırma katmanının derinliğinin açıklık ve eğimle orantılı olarak arttığı ve azaldığı söylenemez. 2 nolu havalandırma katmanının derinliğinin 5 m'den küçük açıklıklı çatılarda deniz seviyesinden yüksekliğin 1000 m'den küçük olması durumunda aynı olduğu, deniz seviyesinden yükseklik arttıkça değiştiği Tablo 3'de görülmektedir. 2 nolu havalandırma katmanının derinliğinin tüm çatı eğimleri için genel olarak açıklık arttıkça arttığı Tablo 3'den yorumlanabilmektedir. Tablo 4'de eğimli çatı konstrüksiyonları yoğunlaşma, havalandırma ve enerji etkinlik performansları açısından karşılaştırılmıştır. Tablo 4'ten görüldüğü üzere havalandırma verimi, yoğunlaşma kontrol performansı ve enerji etkinlik performansı açısından soğuk ve hibrid çatı konstrüksiyonları en iyi performansı göstermektedirler. Sıcak çatı konstrüksiyonlarının performans sıralamasında altta kalmasının nedeninin bu çatı konstrüksiyonlarında tek havalandırma katmanının yer alması ve bu katmanında verimli bir havalandırma için yeterli olmayışındadır. Tablo 4'e baktığımızda tüm çatı konstrüksiyonlarında hava geçirgen ikincil su sızdırmazlık katmanı kullanımının havalandırma verimini ve yoğunlaşma kontrol performansını artırdığı, hava sızdırmaz katman ile birlikte kullanımının yoğunlaşma kontrol performansına pozitif etki yaptığı, ancak enerji etkinlik performansına etkisi olmadığı görülmektedir. Enerji etkinlik performansının hava sızdırmaz katman kullanımıyla arttığı Tablo 4'de açık olarak görülmektedir. Tüm çatı konstrüksiyonlarında ısı yalıtım katmanının taşıyıcı elemanlar arasında ve üstünde uygulandığı örneklerde havalandırma verimi, yoğunlaşma kontrolü ve enerji etkinlik performansı benzer özellik göstermesine karşın, ısı yalıtım katmanının çift tabakalı olarak uygulandığı örnekler enerji etkinlik açısından çok daha iyi performans göstermektedirler (Tablo 4).

4. SONUÇLAR

Türkiye'de özellikle yağışlı bölgelerde yaygın olarak kullanılan eğimli çatı konstrüksiyonlarından kaynaklı problemlerin büyük bir bölümünün havalandırma ve yoğunlaşma ile ilgili sorunlar olduğunun vurgulandığı bu çalışmada, bu sorunların farklı tip çatı konstrüksiyonları uygulamaları için tasarım ve uygulama aşamasında etkili bir havalandırma ve çatı konstrüksiyonunu oluşturan katmanların doğru düzenlenmesiyle nasıl çözümlenebileceği konusunda mimarlara ve uygulayıcılara yol gösterilmiştir. Çatı konstrüksiyonunda etkin bir havalandırmanın olmayışı, çatı konstrüksiyonunu oluşturan katmanların malzemelerinin konstrüksiyon türüne göre yanlış seçilmesi ve çatılarda hava sızdırmazlığın yeterli oranda sağlanamaması eğimli çatı konstrüksiyonlarında başta yoğunlaşma olmak üzere bir çok soruna yol açmaktadır. Havalandırılmayan çatılarda özellikle yapı içinden gelen nemin uzaklaştırılmaması sonucu yoğunlaşma gerçekleşmekte, kışın çatı örtüsü üzerinde biriken karın iç ortamdan gelen sıcak havayla karşılaşarak hızla erimesi sonucu buz bentleri oluşmakta, yazın çatı ısısının artmasından kaynaklı soğutma yükü artmakta ve çatı konstrüksiyonunu oluşturan katmanların kullanım ömürleri azalmaktadır. Bu gibi sorunlardan kaynaklı olarak eğimli çatı konstrüksiyonlarında etkili bir havalandırma katmanı düzenlenerek yaz ve kış koşullarında çatı konstrüksiyonlarında nemin ve fazla ısının uzaklaştırılması sağlanmalı ve bu sayede çatı kullanım ömrü artırılmalı, iç ortam konfor koşullarında iyileştirme sağlanmalıdır. Bu çalışmada eğimli çatı konstrüksiyonlarında havalandırma ve yoğunlaşma kontrolü açısından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Tablo 3. Çatı eğimi, kiriş açıklığı ve deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak havalandırma boşluk boyutları (mm) [1]

Havalandırma yeri Eğim (%)	1						2					
	15°-20°		20°-25°		>25		15°-20°		20°-25°		>25	
	<15°	15°-20°	20°-25°	>25	<15°	15°-20°	20°-25°	>25	<15°	15°-20°	20°-25°	>25
Deniz seviyesinden yükseklik (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<5 m	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
5 m-10 m	60	40	40	40	60	45	45	45	60	45	45	45
10 m-15 m	60	60	60	40	60	60	60	60	60	60	60	60
>15 m	80	80	60	40	80	80	80	100	80	80	80	80

Tablo 4. Eğimli çatı konstrüksiyonlarının yoğunlaşma, havalandırma ve enerji etkinlik performansları açısından karşılaştırılması [1,2,5,6].

Çatı tipi	Sıcak çatı				Soğuk çatı				Hibrid çatı			
	Taşıyıcı elemanlar arasında	Taşıyıcı elemanlar dışında	Çift tabakalı	Çift tabakalı	Taşıyıcı elemanlar arasında	Taşıyıcı elemanlar dışında	Çift tabakalı	Çift tabakalı	Taşıyıcı elemanlar arasında	Taşıyıcı elemanlar dışında	Çift tabakalı	Çift tabakalı
Havalandırma boşluk sayısı	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Havalandırma yeri	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hava geçiren ikincil su sızdırmazlık katmanı	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Hava sızdırmazlık katmanı	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Havalandırma verimi	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Yoğuşma kontrol performansı	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Enerji etkinlik performansı	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

○ Yok • Var □ Kötü ■ Orta ■ İyi ■ Çok iyi

- Sıcak çatılar Tablo 4’te görüldüğü üzere, bir tane havalandırma katmanına sahip oluşundan dolayı diğer çatı konstrüksiyon tiplerine göre havalandırma açısından kötü performans göstermektedirler. Bu tip çatılarda yağışma kontrolünün sağlanması için ısı yalıtımının sıcak tarafına buhar kesici ve hava sızdırmaz katmanın doğru bir şekilde uygulanması ve kullanılan ikincil su sızdırmazlık katmanının hava geçirgen özellikte olması gereklidir.
- Soğuk ve hibrid çatılar sıcak çatı konstrüksiyonlarına göre daha fazla havalandırma katmanına sahip oluşlarından dolayı sıcak çatılara oranla daha etkili bir havalandırma ve yağışma kontrolü sağlamaktadırlar. Ancak havalandırmanın etkili olabilmesi için havalandırma boşluk boyutlarının Tablo 3’te verildiği gibi çatı eğimi, giriş açıklığı ve deniz seviyesinden yükseklik dikkate alınarak düzenlenmesi gereklidir.
- Eğimli çatı konstrüksiyonlarının tümünde hava sızdırmaz katman kullanımı çatı konstrüksiyonlarının enerji etkinlik performansını arttırmaktadır. Bundan dolayı, hava sızdırmaz katmanın kullanılmadığı örnekler enerji etkinlik açısından düşük performans göstermektedirler.
- İkincil su sızdırmazlık katmanının hava geçirgen özellikte olduğu soğuk çatı konstrüksiyonlarında daha az bir havalandırma boşluk alanıyla etkin bir havalandırma sağlanabilir. Diğer bir ifadeyle hava geçirgen bir ikincil su sızdırmazlık katmanı kullanımı havalandırma verimini arttırmaktadır.
- Hava geçirgen ikincil su sızdırmazlık katmanı ve ısı yalıtım katmanının altında hava sızdırmaz katmanın birlikte uygulandığı örnekler Tablo 4’te görüldüğü gibi havalandırma, yağışma ve enerji etkinlik performansı açısından en yüksek performansı gösterirler.
- Tablo 1’de görüldüğü üzere ısı yalıtımının çift tabakalı olarak uygulandığı örnekler taşıyıcı elemanların üzerinde ve arasında uygulandığı örneklere oranla dezavantajı en az olan, havalandırma, yağışma kontrolü ve enerji etkinlik açısından en iyi performansı gösteren konstrüksiyon tipidir.

○Yok ●Var □Kötü ■Orta ■ İyi ■ Çokiyi

Sonuç olarak özellikle yağışlı bölgelerde, etkili bir havalandırma, yağışma kontrolü ve enerji etkinlik performansı açısından sorunsuz bir çatı düzenlemek istenildiğinde ısı yalıtımının çift tabakalı kullanıldığı ve yalıtımın sıcak tarafına buhar kesici ve hava sızdırmaz katmanın birlikte monte edildiği, hava geçirgen özellikli ikincil su sızdırmazlık katmanı kullanılan soğuk ve hibrid çatı konstrüksiyonları tercih edilmelidir. Hibrid çatı konstrüksiyonları havalandırma, yağışma kontrolü ve enerji etkinlik performansı açısından soğuk çatı konstrüksiyonlarıyla benzer özellik göstermekle birlikte kullanılabilir bir çatı arası mekanı yaratması soğuk çatılara göre avantaj olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kolb, J., Syst em in Timber Engineering, Birkhauser, Berlin, 2008.
- [2] Oster, S. and Kiessl, B., Roof Construction Manual, Pitched Roofs, Edition Detail,2003, Germany
- [3] Scharff, R., Kennedy,T., Roofing Handbook, Second Edition, McGraw-Hill,2000,USA.
- [4] Aker,E. Çatılarda Seçenek Özelliklerinin Tanımlanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul,1998.
- [5] Condensation Control In Energy Efficient Cold and Warm Pitched Roofs,Erişim Tarihi: 01.02.2014,http://www.surevent.org.uk/Documents/SureVent_EBrochure_2006_version_6_09_04_08.pdf,
- [6]Energy efficiency and historic buildings, Insulating roofs at rafter level, Erişim Tarihi: 25.01.2014, www.english-heritage.org.uk/partL
- [7]Yaşar, Y., Pehlevan, A., Maçka, S., Az Eğimli Çatıların Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi, Yapı Dünyası, 175 (2010) 41-52.
- [8] Pehlevan, A., Yaşar, Y., Maçka, S., Bitkilendirilmiş Çatılar: Yeşil Çatılar,Çatı Bahçeleri, Mimarlık Arredamento Dergisi, 236 (2010) 114-124.
- [9] Pehlevan, A., Yaşar, Y., Maçka, S., Eğimli Çatılarda İkincil Su Sızdırmazlık Tabakası Kullanımı, Yalıtım Dergisi, 75 (2008) 76-86.
- [10]Yaşar, Y., Pehlevan,A., Maçka, S., Eğimli Çatılarda Havalandırma, 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdas Malzeme ve Teknolojileri Sempozyumu, 13–14 Ekim 2008, İTÜ Mimarlık Fakültesi Taskısla – İstanbul.

7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014*
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

- [11] Hybrid roof (habitable roof space), Erişim Tarihi: 27.01.2014, <http://permavent.co.uk/hybrid-roof-habitable-roof-space/>
- [12] Oliver, A., Dampness in Buildings, Blackwell Science, Edinburg, 1997.
- [13] McCampbell, B.H., Problem in Roofing Design, Butterworth Architecture, Butterworth-Heinemann, USA, 1991.
- [14] Küskü, B., Eğimli Çatılarda Havalandırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005.
- [15] Brotrück, T., Basic Roof Construction, Birkhauser Architecture, Boston, 2006.

CEPHE KAPLAMA TUĞLASININ KULLANIM PERFORMANSI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Doç. Dr. Emrah GÖKALTUN¹

Konu Başlık No: 2 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

İnsan, doğaya müdahale edip, çevresini biçimlendirmeye başladığı andan itibaren, başlangıçta doğanın sunduğu ve zamanla deneyimleri sonucu, sağlam ve yararlı olduğunu öğrendiği malzemeleri kullanmıştır. Tuğla, ana yapım maddesinin doğada yaygın şekilde bulunuşu ve kolay biçimlendirme özelliğiyle, bu malzemeler arasında her zaman önemli bir yer tutmuştur.

Bu çalışmada, pişmiş toprak yapı malzeme üretim imkanlarının gelişim gösterdiği merkezlerden biri olan Eskişehir kentinde, tuğlanın, cephe kaplama malzemesi olarak kullanımı ele alınmıştır. Yaygın kullanımıyla Eskişehir kent kimliğinin oluşumunda önemli bir tasarım verisi olan cephe kaplama tuğlasında, kullanım süresince ortaya çıkan sorunlar, farklı yönleri ile ele alınarak, tuğlada ve tuğla kaplı cephede meydana gelen hasar ve bozulmalar ile nedenleri incelenmiş ve bunların minimize edilmesi için, uygulama ve kullanıma yönelik dikkat edilmesi gereken noktalar tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Tuğla, cephe kaplama tuğlası, hasar ve bozulma

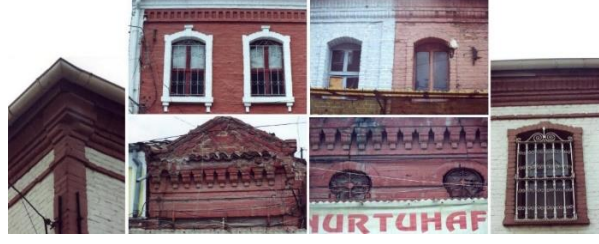
1. GİRİŞ

Mimarlık, zaman, mekan ve yaşamsal özellikleri ile kentsel ortamı somut hale getirir, görünür kılar. Kent, bu somut ortama, toplumsal hayata ve bu hayattaki ilişkilere ev sahipliği yapar. Kimliğini, barındırdığı kentlilerin yaşamından, bu yaşamın geçtiği binalardan ve binaların mimarilerinden alır. Mimari, kentsel mekana, yüzeysel ve dokusal karakteristiklerin zengin bir birleşimi olarak yansır. Mimari yüzeyin niteliği, malzeme, renk ve doku gibi özellikler ile bunların bir araya geliş örüntülerine göre değişir. Yapı kabuğuna ilişkin bu özellikler, kente özgü bir mimarinin oluşmasında da önemli rol oynar (1, s.159). Burada belirleyici olan nokta, bina cephelerinde kullanılan ortak yapı malzemesinin türü ve özellikleridir. Malzemenin renginin çoğu zaman belirleyici bir özelliği olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle, malzeme ve renk arasında açıklanamaz bir bağlantı vardır. Doğru kullanıldığında, renk, bir binanın karakterini ve bakan kişide uyandırması istenen duyguları ifade edebilir (2). Bu açıdan bakıldığında, tuğla; renk ve doku gibi özellikleri ile özgün mimari bir dilin oluşumuna katkı sağlayan yapı malzemelerinden biri olarak karşımıza çıkar. Toprağın yumuşak etkisinin, tuğlayı, taş gibi sert ve ağır bir etkiden uzaklaştırması, taşıyıcı amaçla kullanıldığında bile üzerine herhangi bir kaplama malzemesi gerektirmemesi, farklı örgü teknikleri ile cephede farklı dokular elde edilmesini sağlaması, iç mekanda kullanıldığında ortamda sıcak bir etki yaratması, tuğlanın bir çok malzeme içinde tercih edilirliliğini arttıran nedenlerden bazılarıdır (3). Ayrıca tuğlanın, ana yapı maddesinin doğada yaygın şekilde bulunuşu ve kolay biçimlendirme özelliğiyle, yapı malzemeleri arasında her zaman önemli bir yer tutar (4). Özel mekandan kamusal mekana kadar geniş bir kullanım alanı olan tuğla, gerek algılanmasında etkili olan doku ve rengiyle, gerekse estetik görünümüyle Batı ülkelerindeki birçok kentte, bazen bütün kente, yerleşime, siteye ya da kampüse atmosferini veren bir malzeme olarak dikkat çeker (Şekil 1). Rengi ve dokusuyla her ortamda sıcaklığını, çekiciliğini, gizemini koruyan tuğla, insanda farklı etkiler uyandıran kentsel mekanların oluşturulmasında düzenleyici bir malzeme olarak kullanılır. Bu nedenle, özellikle pişmiş toprak üretimi yapan ülkelerde, bölgelerde ya da kentlerde, sıklıkla, tuğlaya özgü bir atmosferin oluştuğu ve tuğlanın, fiziksel çevrenin karakteristiğini belirlediği gözlenir.



Şekil 1. Cephede tuğla kullanımına ilişkin kent, site ve kampüs örnekleri

Bu çalışmada cephe kaplama malzemesi olarak tuğla kullanılmış bina örneklerinin ele alınıp, incelendiği Eskişehir kenti de, pişmiş toprak malzeme üretiminde öncü kentlerden biridir. Pişmiş toprak kaynakları açısından gerçek anlamda bir zenginliğe sahip kentte, 1920’li yılların ikinci yarısından beri üretim yapılmaktadır. Kentte, tuğlanın tercih edilirliliği ve kullanma biçimi yıllar içinde değişkenlik göstermiştir. Kentte ilk pişmiş toprak üretiminin yapılmaya başlandığı yıllara tarihlenen az sayıda da olsa, cephesi tuğla kaplı bina örnekleri bulunmaktadır (Şekil 2). Ancak 1930’lu yılların başlarından, 1980 yılların başlarına kadar, tuğlanın binalarda yalnızca dolgu malzemesi olarak kullanılması, bina cephelerine yabancı ancak kente tanıdık bu yerel ve yöresel atmosferin oluşmasını engellemiştir. 1980’li yılların başından itibaren Anadolu Üniversitesi Kampüslerindeki bina cephelerinde uygulanmaya başlanan kaplama tuğlası kullanımı, zaman içinde kampüs sınırları dışına çıkarak, kent genelinde de yaygınlaşmaya başlamıştır. Bugün kentin farklı noktalarında tuğlanın bina cephelerinde yapısal ya da bölgesel olarak kullanıldığı çok sayıda örnek vardır (Şekil 3).



Şekil 2. Eskişehir-Taşbaşı bölgesindeki cephesi tuğla kaplı binalar



Şekil 3. Eskişehir kentinde tuğlanın bina cephelerinde kullanımının yaygın olduğu konut bölgeleri

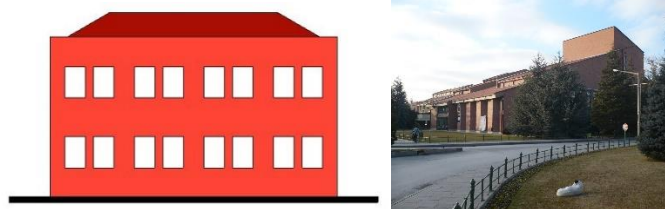
Bu örnekler üzerinden tuğlanın kentsel mekanı biçimlendiren bina cephelerindeki karakteri incelendiğinde, yüzeylerin genel olarak farklı mekansal etkiler oluşturduğu görülür. Bu etkiler, tuğla ile birlikte kullanılan malzemelere, bina yüzeyinde kapladığı alana, yüzeydeki yerine, detaylardaki uygunluğuna, renk ve tonlamalarla elde edilen vurguya bağlı olarak;

- a. Masif etki
- b. Strüktürel etki
- c. Kütleli etki

olmak üzere, üç grup altında farklılaşır (1, s.165).

A. Masif Etki

Tuğlanın kendi doğal renginden yararlanılarak, uygulanmış olduğu yapıya ve yakın çevresine ağır-masif bir görünüm yansıtmak amacıyla, yapının bütününde cephe tuğlası kullanılmaktadır. Tuğla yapı ölçeği içerisinde, çok küçük boyutlu bir yapı malzemesi olmakla birlikte, binanın belli bir bölümünde ya da tamamında kullanıldığında, bütünlük sağlamakta ve dolayısıyla bu algılama biçimi, yapıya masif ve dolu bir kütle etkisi kazandırılmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 4) (1, s.166). Tuğla kullanıldığı birçok ülkede de masif yapıyı yaratmıştır. Özellikle yüksek katlı “yapılarda bu durum çok daha yaygındır (5).



Şekil 4. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeyinde masif etki

B. Strüktürel Etki

Bina yüzeylerinde, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan kolon ve kiriş gibi elemanların ya da bu elemanlar arasında kalan yüzeyin farklı doku ve renkteki malzemeler ile vurgulanmaya çalışılmasıdır. Strüktürel yapıya göre oluşmuş tuğla kaplı bina cepheleri incelendiğinde, tuğla bina cephelerinde iki farklı konumda yer aldığı görülür. Birincisinde, yapının dikey strüktürel elemanı olan kolonlar ile yatay strüktürel elemanı olan kirişler bina yüzeyinde vurgulanmakta ve bu elemanların oluşturduğu çerçeve iç boşluğu cephe tuğlası ile kaplanmaktadır (Şekil 5) (1, s.166).



Şekil 5. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeyinde strüktürel (kolon-kiriş) etki-1

İkincisinde ise, yapının düşey strüktürel elemanı olan kolonlar, bir anlamda yokmuş gibi gizlenip, cephede yatay çizgilerin veya elemanların etkinliğini sağlamak için, sadece yatay strüktürel eleman olan kirişler açığa çıkarılır ve kirişler arasındaki boşluk, cephe tuğlası ile kaplanır (Şekil 6) (1, s.166).



Şekil 6. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeyinde strüktürel (kiriş) etki-2

C. Kütleli Etki

Yapının üçüncü boyutunda ön plana çıkması istenen ya da yapının diğer bölümlerine göre daha önde olan çıkma ve balkon gibi yapı bölümleri, tuğla ile kaplanmakta ve böylelikle, yapı bütününde ve kentsel silüet içinde, derinlik ve gölge etkisi veren kontrastların oluşumu ve yansımaları sağlanmaktadır (Şekil 7) (1, s.165-166). Cephe yüzeyi tamamıyla düz olan bazı binalarda da, derinlik ve gölge etkisi veren kontrastları oluşturmak için, cephenin bir bölümü tuğla ile kaplanmıştır.

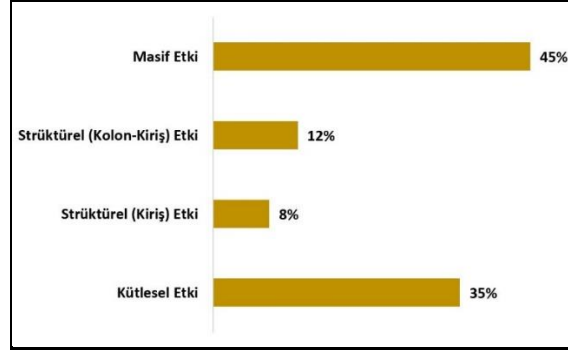


Şekil 7. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeyinde kütleli etki

Bu bağlamda, tuğlanın kentsel mekanı biçimlendiren bina cephelerinde farklı karakterlerde kullanıldığı ve yüzeylerin de buna bağlı olarak farklı mekânsal etkiler oluşturduğu görülmektedir. Yukarıda açıklanan farklı kullanım biçimlerinin, araştırma çalışmasının konusu olan cephe kaplama tuğlasının kullanım performansına doğrudan etkisi vardır. Şöyle ki;

Söz konusu farklı kullanım biçimleri;

- Tuğlanın bina cephesindeki kullanım oranlarını (azaltmakta ya da çoğaltmakta) etkilemektedir.
- Tuğlanın cephede farklı yerlerde (örneğin; sadece subasman bölgesinde ya da çatı parapet bölgesinde) kullanımını öngörmektedir.
- Tuğla ile ilgili cephede farklı uygulama ve detay çözümlerini getirmektedir.



Şekil 8. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeylerinde mekânsal etkiler

Bu farklı durumlar da, araştırma çalışmasında incelenen bina örneklerindeki cephe kaplama tuğlalarında meydana gelen hasar ve bozulmaların içeriğini ve boyutlarını doğrudan etkilemektedir (Şekil 8).

2. ARAŞTIRMA ÇALIŞMASI

Cephe kaplama tuğlasının kullanım performansının araştırılması amacıyla Eskişehir kentindeki çok sayıda bina üzerinde inceleme yapılmış ve bunlardan 52 adeti üzerinde farklı biçimlerde ve oranlarda hasar ve bozulma oluşumlarına rastlanılmıştır. Hasar ve bozulmaların tespit edildiği binaları, işlevlerine göre;

- Kamu binaları
- Ticari binalar
- Konut binaları (konutlar)
- Konut+ticari binalar (konut ve ticaretin bir arada olduğu binalar)

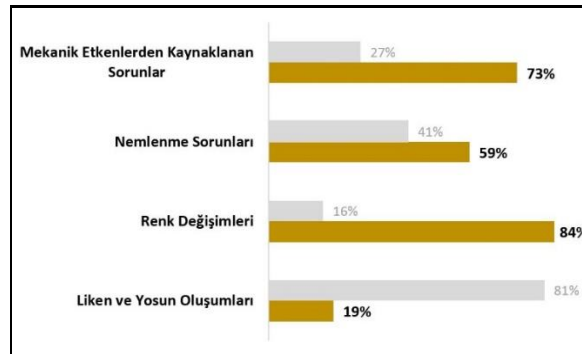
olmak üzere dört grup altında toplamak mümkündür.

Bu binaların % 23'ünde cephe kaplama malzemesi olarak prese tuğla, % 77'sinde ise, plaket tuğlası kullanılmıştır. Kamu binalarının % 67'sinde prese tuğla, % 33'ünde plaket tuğlası, ticari binalar ile konutların tamamında plaket tuğlası, konut ve ticaretin bir arada bulunduğu binaların % 20'sinde prese tuğla, % 80'inde ise, plaket tuğlası kullanıldığı tespit edilmiştir.

Bina örnekleri üzerinde yapılan incelemeler sonucunda cephe kaplama tuğlalarında meydana gelen hasar ve bozulmaları;

- Mekanik etkenlerden kaynaklanan sorunlar
- Nemlenme sorunları
- Renk değişimleri
- Liken ve yosun oluşumları

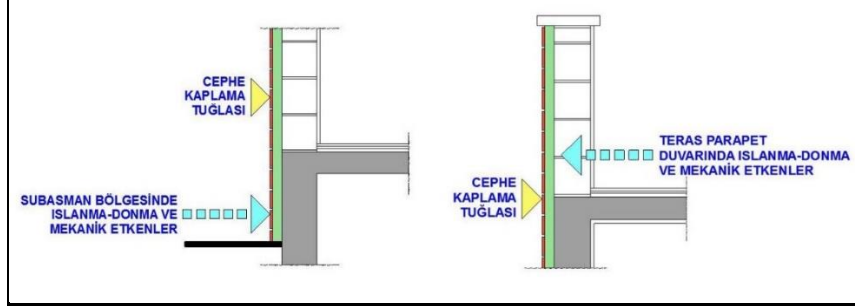
olmak üzere dört grup altında toplamak mümkündür (Şekil 9).



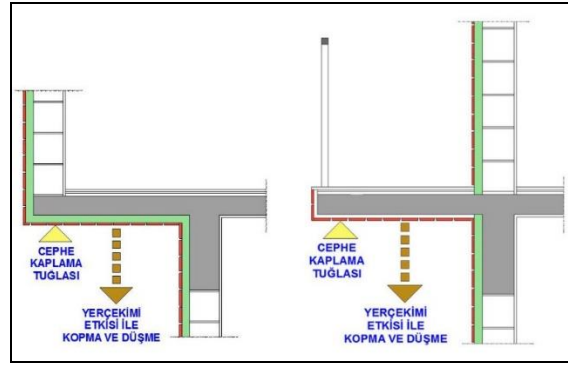
Şekil 9. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeylerinde meydana gelen hasar ve bozulmalar

A. Mekanik etkenlerden kaynaklanan sorunlar

Mekanik etkiler ile meydana gelen sorunlar, iç ve dış etkenlerden kaynaklanmaktadır. İç etkenler, zemin suyu, eriyen kar suyu ya da yağış sularının duvar kesiti içinde donarak, mekanik iç gerilmelere neden olması ile oluşum göstermektedir. Mekanik iç gerilmeler, cephe tuğla kaplamasını tespit edildiği yerden kopup, düşmesine neden olmaktadır (Şekil 10). Çıkma ve balkon alt yüzeylerinin tuğla ile kaplandığı birkaç örnekte de, yerçekimi etkisi ile kopma ve düşmeler meydana gelmiştir (Şekil 11).

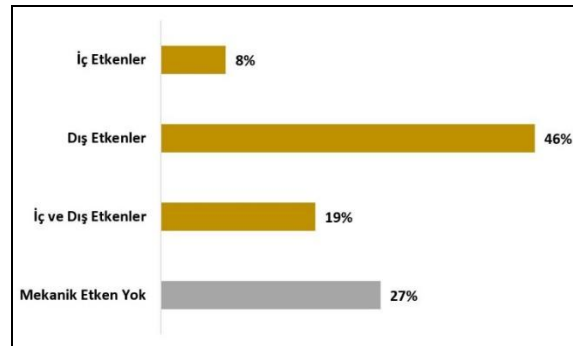


Şekil 10. İslanma ve donma olayları ile meydana gelen hasar ve bozulmalar



Şekil 11. Yerçekimi etkisi ile meydana gelen hasar ve bozulmalar

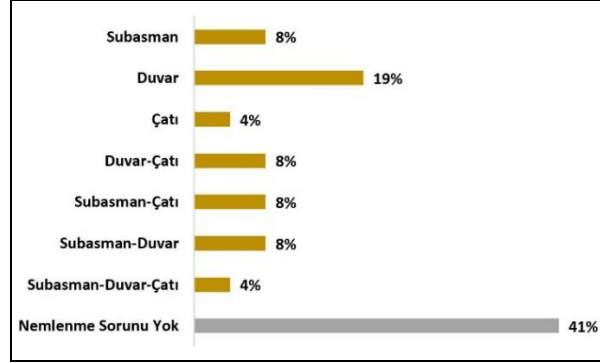
Cepheye sonradan tespit edilen tesisat elemanlarının montajı sırasında cephe tuğlalarında meydana gelen kırılmalar, uygulama sonrasında tuğlanın bünyesinde meydana gelen çatlaklar ile su basman bölgesindeki tuğlalara çeşitli gereçlerin çarpması sonucu meydana gelen kırılmalar, cephe kaplama tuğlasında hasar ve bozulmalara neden olan dış etkenler olarak nitelendirilebilir (Şekil 12).



Şekil 12. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeylerinde mekanik etkenlerden kaynaklanan sorunlar

B. Nemlenme Sorunları

Çiçeklenme, toz ve kir birikimlerinin kalıcı lekeler olarak bina yüzeylerindeki yerleşimine katkı sağlayan ve yağmur suları, eriyen kar suları ve yüzeyde biriken zemin suları ile ortaya çıkan su ve nem etkileri, ayrıca, çatı/teras parapet bölgesi, balkon bölgesi ve subasman bölgesinde ıslanmalara neden olarak, nemlenmeye bağlı hasar ve bozulmaları ortaya çıkarmaktadır (Şekil 13).

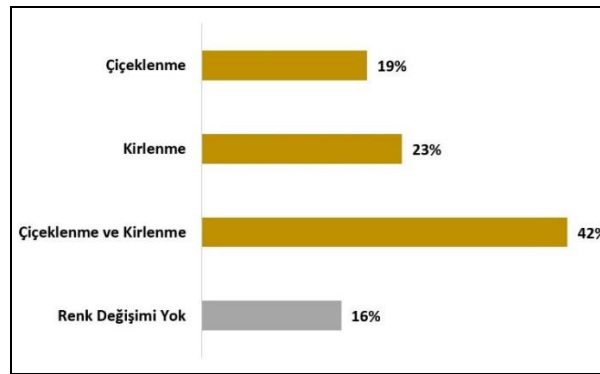


Şekil 13. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeylerinde meydana gelen nemlenme sorunları

C. Renk değişimleri

Bina yüzeylerinde meydana gelen renk değişimleri, iki farklı şekilde gelişim göstermiştir. Bunlardan ilki, zeminden gelen suların yüzeyde buharlaşması sonucunda yüzeyde tuzların birikmesi ile oluşan çiçeklenmelerdir. Bu çiçeklenmeler, yüzeyde beyaz lekeler meydana getirmiş olup, bunların bir kısmı yağışlı dönemler boyunca devam eden, kalıcı olmayan lekelerdir. Ancak bunlardan bazıları, yüzeye yapışıp ıslanan toz ve kirlerin etkisi ile kalıcı lekeler dönüşmüştür.

İkinci tür renk değişimleri ise, çatı parapet bölgesi ve pencere denizlikleri bölgesi olmak üzere binalarda iki farklı bölgede, yüzeye yapışıp ıslanan toz ve kirlerin etkisi ile ortaya çıkan lekelerden kaynaklanmaktadır. Çatı parapeti üzerindeki harpuşa ile pencere denizlikleri gibi yatay yüzeyler üzerinde biriken toz ve kirler, yağış suları ile birlikte yüzeyden akarak tuğla yüzeyleri üzerinde kirlilik birikimine neden olmuştur. Tekrarlayan bu olaylar, cephe yüzeylerinde lekeleri kalıcı hale getirmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Cephe kaplama tuğlasının uygulandığı bina yüzeylerinde meydana gelen renk değişimleri

D. Liken ve yosun oluşumları

Çoğunlukla su basman bölgesinde görülen bir oluşumdur. Zeminde uzun süre kalan zemin suları ve eriyen kar suları ile birlikte, kapiler etki ile su basman bölgesinde yükselerek bina yüzeyinde kalıcı hale gelen nem, liken ve yosunların gelişimi için uygun bir ortam oluşturmaktadır.

3. SONUÇ

Eskişehir kent kimliğinin oluşumunda önemli bir tasarım verisi olan tuğlanın, cephe kaplama malzemesi olarak kullanıldığı bina örneklerinde yapılan incelemelerde, çok farklı biçimlerde ortaya çıkan hasar ve bozulma oluşumlarına rastlanılmıştır. İç ve dış etkenlerden kaynaklanan mekanik etkenler ile nemlenme ve nemlenmeye bağlı olarak gelişim gösteren renk değişimlerinin (çiçeklenme ve kirlenme) oldukça ileri boyutlarda olduğu görülmektedir. Buna göre;

- Tuğlanın, yüzeylerde çoğunlukla tek malzeme olarak kullanıldığı (özellikle masif etkinin görüldüğü cephe yüzeylerinde) örneklerde, hasar ve bozulmaların (tuğlanın büyük miktarlarda kullanımına bağlı olarak) daha yüksek oranlarda, farklı malzemelerle birlikte kullanıldığı örneklerde ise, hasar ve bozulmaların (tuğlanın daha az miktarlarda kullanımına bağlı olarak) daha düşük oranlarda gerçekleştiği görülmektedir.
- Tuğlanın zeminden çatıya kadar kesintisiz olarak kullanımı (özellikle masif etkinin görüldüğü cephe yüzeylerinde), bu malzemenin, subasman ile çatı ya da teras parapeti bölgelerinde (çatı ya da çatı saçağının olmadığı binalarda), sürekli olarak nem ve su ile ilgili sorunlarla karşı karşıya kalmasına yol açmaktadır. Ancak zeminden ve çatıdan uzaklaştırılmış cephe kaplama uygulamalarında (strüktürel etkinin görüldüğü cephe yüzeylerinde) ise, tuğla kaplama malzemesi su ve nem ile ilgili sorunlardan büyük ölçüde korunmaktadır.
- Su ve nem etkenlerine yol açan kaynakların bina yüzeyine uzun süre etki etmesi ya da yüzey üzerinde uzun bir süre yerleşik kalması, tuğla kaplı yüzeylerde liken ve yosun oluşumları için uygun bir ortam oluşturmaktadır.
- Cephe kaplama tuğlaları (ister prese tuğla, isterse plaket tuğlası olsun), küçük bileşenlerden oluşmaları nedeniyle, binanın subasman ve subasmana yakın zemin bölgesinde kullanıldıklarında, çarpma ve vurma gibi dış mekanik etkenlerden çok kolaylıkla etkilenip, kırılabilir. Kırılabilir.
- Prese tuğlanın kullanıldığı binalarda hasar ve bozulmalar daha sınırlı oranlarda gerçekleşirken, plaket tuğlası kaplı binalarda ise bu miktar çok yüksek oranlarda gerçekleşmektedir. Örneğin; prese tuğlanın kesit kalınlığı ile kesit kalınlığına bağlı ağırlığının fazlalığı ve çoğunlukla da arka katmanda bulunan dolgu duvar ile olan bağlantısından dolayı, prese tuğla kaplı binalarda, malzemenin yüzeyden ayrılması, kopması ve düşmesi gibi sorunlarla karşılaşmamaktadır. Ancak plaket tuğlası ince bir kesit kalınlığına sahip olması ve çoğunlukla özel olarak profillendirilmiş ısı yalıtım levhası kullanılmadan yüzeye uygulanması, tuğlanın, arka yüzeyle olan aderansını zayıflatmakta ve buna bağlı olarak, plaket tuğlasının arkasına sızan ya da etki eden yağış ve zemin suları, don olayları ile birlikte (eğer tuğla malzeme arka yüzeye de zayıf bir şekilde yapıştırılmışsa), malzemenin yüzeyden kolayca ayrılması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bina cephelerinde kullanımı son derece yaygın olan kaplama tuğlasının işlevini (her yapı malzemesinden beklendiği gibi), kullanım performansında bir azalma ya da düşme yaşanmadan sürdürebilmesi gerekir. Dolayısıyla, tuğlanın bina yüzeyinde kullanılacağı yer, kullanılacak tuğlanın tipi ve tuğlanın cephe yüzeyine uygulanma yöntemi son derece önemlidir. Bu kriterlerin doğru şekilde seçilmesi ya da belirlenmesi, cephe kaplama tuğlasının uzun yıllar bakım gerektirmeden işlevini yerine getirerek, kendisinden beklenen performansını sürdürmesini olanaklı kılacaktır.

KAYNAKÇA

1. Gökaltun, E., Tural, O., “Bina Cephe Karakteristiğini Belirlemede Tuğla Kullanımı ve Kentsel Mekan Biçimlenmesine Yansıması: Eskişehir Örneği”, 1. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 159-167, Eskişehir, 2001.
2. Rasmussen, S: E., Yaşanan Mimari, Remzi Kitabevi, s. 182, İstanbul, 1994.
3. Gökaltun, E., Özçevik, A. ve Canarslan, Ö., “Eskişehir’deki Ticaret Yapılarında Cephe Kaplama Tuğlasının Kullanımı Üzerine Bir Araştırma”, 3. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 195-203, Eskişehir, 2003.
4. Gökaltun, E., Tural, O., “Türk Mimarisi’nde Tuğla”, 2. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 1-8, Eskişehir, 2002.
5. Kuban, D., Mimarlık Kavramları, YEM Yayını s. 38., İstanbul, 1990.

Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Kaplaması Olarak Değerlendirilme Potansiyeli

Hüseyin Akkılıç¹
Alperen Kaymakçı²
Öner Ünsal³

Konu Başlık No: 1, 2 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri
Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Doğal ortamda yetişen bir malzeme olan ahşap dış ortamda bulunan UV ışınları, rutubet, yağmur, kar, nem, çığ, rüzgâr, sıcaklık, O₂, kirletici gazlar gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Yüzyıllar öncesinde ve halen günümüzde de insanoglu ahşabı çeşitli ihtiyaçlarında kullanmak ve daha dayanıklı kılmak için birçok işleme tabi tutmaktadır. Yapılan tüm bilimsel araştırmalar ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan bu işlemlere genel anlamda "Ahşap Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir. Genel olarak ahşap modifikasyon yöntemleri, kimyasal modifikasyon, fiziksel modifikasyon, enzimatik modifikasyon ve termal modifikasyon (ısıl işlem) olarak gruplandırılabilir Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150⁰C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izalasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresi de uzamaktadır. Isıl işlem görmüş ahşap malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekân uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekân uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanım alanlarına sahiptir. Bu çalışmada ısıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak değerlendirilme potansiyeli kapsamlı olarak ortaya konulacaktır.

ANAHTAR KELİMELELER

Dış cephe kaplaması, ahşap, ısıl işlem teknolojisi

¹ Hüseyin Akkılıç, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, hakkilic@istanbul.edu.tr

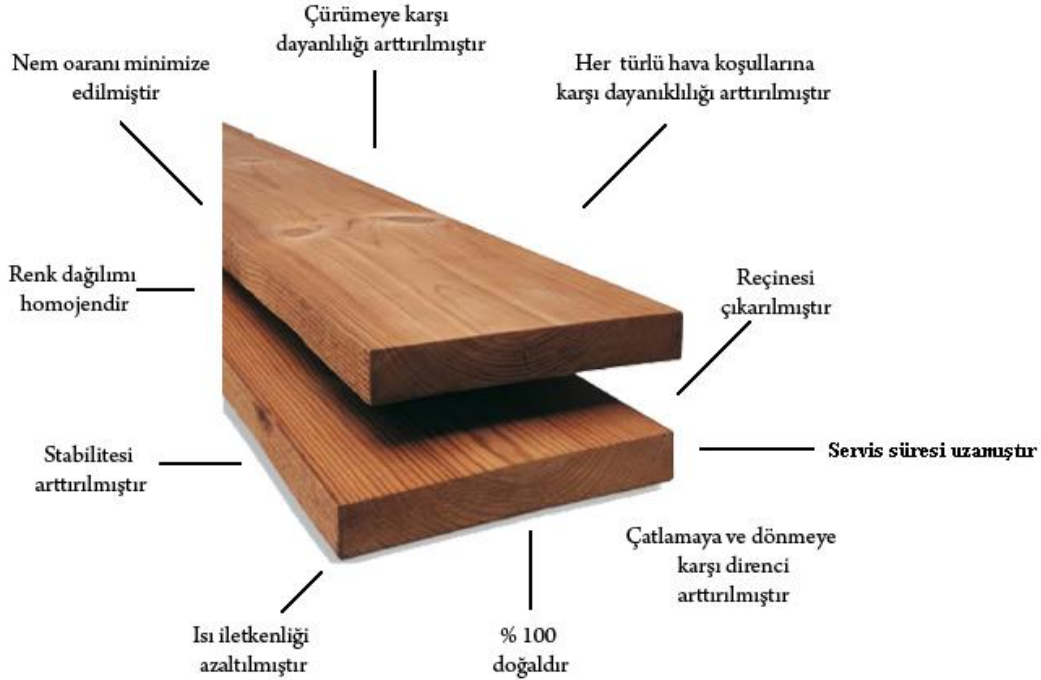
² Alperen Kaymakçı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, alperen.kaymakci@istanbul.edu.tr

³ Öner Ünsal, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, onsal@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Ahşap malzemenin kullanımı insanlık tarihi ile paraleldir. İnsanın doğası ve yaşadığı doğa bakımından ister savunma, ister barınma amaçlı olsun ahşap malzeme ile iç içe olmuştur. İşlenmesi, şekillendirilmesi kolayca elde edilebilen malzemeler ile mümkün olduğundan, kullanımını geliştirmek için eşi bulunmaz bir malzeme olduğunu bilmiştir. Günümüz teknolojisinin sunduğu imkânlar ile ise kullanım alanı zaman içinde sayılamayacak kadar çeşitlenmiştir

Ahşap malzemenin kolay işlenmesi, yoğunluğuna oranla yüksek direnç özelliklerine sahip olması, kendine has sayısız renk ve desen görselliği gibi eşi bulunmaz özelliklerinin yanında, kullanım yerinde istenmeyen bazı özellikleri de bulunmaktadır. Bunlar: mantar, böcek biteri, virüs gibi biyolojik canlılara gösterdiği dirençte zafiyet, rüzgâr, ışık, nem gibi fiziksel etkiler karşısında kullanım süresinde kısılma, asit yağmurları gibi kimyasal temaslar sonucunda görsel kayıplar, çarpma, yük taşıma gibi mekanik kuvvetler neticesinde ilk günkü vasıflarını yitirme sayılabilir. Günümüz teknolojisinin sunduğu imkânlar ahşap malzemenin istenmeyen özelliklerinin etkisini sınırlamada yeni imkânlar sunmuştur. Resim 1’de ısı işlem uygulamasının ahşap malzemeye kattığı avantajlar gösterilmektedir.



Resim 1: Isıl İşlem Prosesinin ahşap malzemeye sağladığı avantajlar(15)

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Son 20 yılda çeşitli Avrupa araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, hidrotermal (buhar, nem ve ısı aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısı işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, yaş veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtma ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi

uygulanan işlem şartlarına ve ısı işlem kazanı ve fırını gibi ısı işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır (1).

Isıl işlem, ahşabın yüksek derecede ısı (180°C ve 212 °C) ve su buharıyla termal olarak modifiye edilmesidir. Bu işlem; ahşabın cins, kalınlık ve başlangıç rutubeti gibi bazı değişkenler dikkate alınarak 48-96 saat süre ile uygulanmaktadır. İşlem üç safhadan oluşmaktadır. Bunlar; kurutma (Resim 2)(Isı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı hızlı bir şekilde 100 °C'ye çıkarılır).



Resim 2: Isıl işlem uygulama fırını(15)

Sonra, kurutma işlemi için ısı 130 °C'ye yükseltilir ve ahşaptaki nem içeriği yaklaşık 0'a düşer, daha sonra sıcaklık 185 °C ve 215 °C arasında arttırılır. Hedeflenen seviyeye ulaşıldığında son kullanım uygulamasına bağlı olarak sıcaklık 2-3 saat sürekli sabit kalır) ve kondisyonlama (su spreyi ile ahşabın ısı 50 °C-60 °C'ye düşürülür ve ahşabın nemi % 4-6 ya ulaşınca kadar işleme devam edilir) safhalarıdır (2).

Ahşabın ısı ileme tabii tutulması bilimsel olarak ilk defa Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schnoieder 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır (3). Bu alanda yapılan çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Hollanda ve Fransa'da bilim adamları tarafından daha ayrıntılı olarak gerçekleştirilmiş ve son 10-15 yılda yoğunlaşmıştır. Günümüzde ısı işlem ya da piyasada yaygın olarak bilinen adıyla "ThermoWood" uygulaması Avrupa'nın birçok ülkesinde değişik isim ve yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Finlandiya (Thermowood) yöntemi, Hollanda da buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransız (Rectification) inert gaz kullanılan yöntem ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (3). Hammadde olarak taze kesilmiş (yaş) veya fırın kurusu ağaç kullanılabilir. Eğer uygulamada taze kesilmiş ağaç tercih edilecekse çok yüksek ısıda kurutma yöntemiyle kurutulabilir. Bu işlem her ağaç türüne uygun olarak en iyi şekilde uygulanmalıdır (15). Dünyada ve ülkemizde ısı işlem uygulanan türlerde yelpaze oldukça geniştir. Birçok yerli yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türüne kullanım yerine uygun olarak ısı işlem uygulaması başarıyla uygulanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda ülkemizde deki ısı işlem uygulama tesislerinde dış cephe kaplaması olarak (Resim 3) çam,dışbudak,iroko meşe ağaç türleri tercih edilmektedir.



Resim 3: Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin dış cephe kaplaması olarak kullanılması(15)

1.1. Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Malzemesi Olarak Kullanımı

Dünyada ve ülkemizde hali hazırda dış cephe kaplaması olarak birçok ürün kullanılmaktadır. Bunlar ahşap esaslı duvar kaplamaları, kompakt laminat duvar kaplamaları, werzalit duvar kaplamaları, taş, mermer, granit, alüminyum cephe kaplamaları, kompozit duvar kaplaması, plastik duvar kaplaması vb. olarak sıralanabilir.

Isıl işlem görmüş ahşap malzeme dış cephe kaplaması, dış cephe doğrama ve kapısı, panjur (Resim 4) ve kereste olarak Dünya da ve Türkiye de uzun yıllardan beri üretilmekte ve kullanılmaktadır. Mimar ve mühendisler tarafından müşteri istekleri dikkate alınarak projelerde dış cephe dekorasyonu olarak projelendirilmesi, binaya estetik, akustik ve ısı tasarrufu açısından değer kazandırmaktadır. Isıl işlem görmüş ahşap malzemedan masif panel üretilip dış cephede kullanmak mümkündür ve bu tamamen tasarıma bağlıdır. (Resim 5)



Resim 4: Isıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin panjur olarak değerlendirilmesi(15)



Resim 5: Isıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin farklı bir tasarım olarak değerlendirilmesi(15)

1.2. Dış cephe kaplaması olarak ahşap malzemeden beklenen özellikleri:

- **Estetiklik:** Duvarın soğuk görüntüsünden kurtulmak, sıcak bir ortam oluşturmaktır. Bulunduğu ortama güzellik ve zenginlik kazandırır.
- **Sağlık:** Altında bulunan ızgara ile duvarda boşluk oluşturduğu için iç ve dış mekân arasındaki ısı değişimini sınırladığından sağlıklıdır
- Akustik:** Ahşap akustik değeri yüksek bir malzemedir. Akustik özellik gerektiren yapıların ahşap malzeme ile kaplanması ideal çözümlerdendir.
- Psikolojik:** Lambri yapılarda oluşturduğu renk, desen, ölçü ve şekil gibi özelliklerinden dolayı görsel olarak insan ruhunu etkiler.
- **Koruma:** darbelere karşı direnç özellikleri bakımından optimum özelliklere sahiptir. Asit ve alkali kimyasallara karşı direnci yüksektir. Lambri yırandığında yeniden zımparalanması ve verniklenmesi daha kolaydır.
- Değer kazandırma:** Yapının maddi değerini artırır.
- Kolay Uygulanabilirlik:** Kolay işlenmesi, kısa sürede monte edilebilmesi.
- Hafif olması:** Yoğunluğuna göre çok hafif olması bir çok alternatif malzemeye göre binanın yükünü azaltmaktadır.
- Güvenlik:** Kimyasal içerikli malzemelere göre çok daha güvenlidir.
- İzalsasyon:** Sıcak ve soğuk hava koşullarında ısı izalsasyonu bakımından rakipsiz bir malzemedir.
- Çevrecidir:** Karbon depolama ve geri dönüşüm özelliklerinden dolayı çevre dostudur.

2. Isıyla Muamele Edilmiş Ahşap Malzemenin Özellikleri

Isıl işlem görmüş ahşap malzemenin fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik özellikleri geri dönüşümsüz olarak değişmektedir. Ahşabın termal bozunması 100°C sınırından itibaren başlamaktadır. 200 °C' nin üzerinde yapısal hasar, ahşap bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270 °C'nin üzerinde ahşabın piroliz ve yanma olayı başlamaktadır (4).

2.1. Ahşap malzemenin fiziksel özelliklerindeki değişimler

Ahşabın ısı ile işleme tabi tutulması onun su adsorpsiyonunu önemli derecede azaltır. Odun karbonhidratlarında serbest hidroksil gruplarının mevcudiyeti ve/veya erişilebilirliği su adsorpsiyon ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlem uygulaması sonucu serbest hidroksil gruplarına erişilirlikte azalma olması şüphe götürmeyecek kadar aşikârdır. Bunun sebepleri ise; serbest hidroksil gruplarının toplam miktarında azalmaya neden olan karbonhidratların özellikle hemiselülözün depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolay erişemediği kristalimsi selülozun nispi oranındaki artma ve serbest hidroksil gruplarının suya erişebilirliğini engelleyen lignin ağının çapraz bağlanmasıdır. Ahşabın direnç özelliklerini bağlı su kuvvetlice etkilemektedir. Artan bağlı su miktarı hücre çeperinin organik polimerleri arasındaki hidrojen bağı azaltır veya engeller. Direnç kovalent bağ ve polimer içi hidrojen bağları ile ilgili olduğu için ahşabın direnç özellikleri bağlı su miktarının artması ile azalmaktadır. Isıl işlem uygulanmış ahşabın daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu ısıl işlem direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır. Isıl işlem uygulaması boyunca ahşapta ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısıl işlem suresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısıl işlem uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarıdır. Isıl işlem uygulamasından sonra daha düşük bir yoğunluk direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirse de bu yargı prematüredir.

Isıl işlemin en dikkat çekici etkilerinden birisi de histerezin tipik sigmoid eğrileri korunurken higroskopisitenin azaltılmasıdır. Histerezin pozitif etkisi bağlı nemdeki düşük değişimin ısıl işlem uygulanmış ahşabın rutubet içeriğinde derhal bir değişim yapmamasıdır. Bu özellik ısıl işlem uygulanmış ahşabın boyutsal stabilitesine katkıda bulunur. Çünkü ahşap su adsorpsiyonu ve desorpsiyonu nedeniyle genişleme ve daralmaya uğramaktadır. Bundan başka su adsorpsiyonundaki azalma ahşabın tüm daralma ve genişlemesini azalttığından onun boyutsal stabilitesini arttırmaktadır.

2.1.1. Kütle Kaybı

Ahşabın ısıtılması; muamele metodu, sıcaklık ve maruz zamanına bağlı olarak ahşabın hacminde ve kütlede düşüşe sebep olur. Isıl muamele ile meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen ahşabın yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülözlerin parçalanmasıyla meydana geldiği düşünülmektedir (4). Düşük sıcaklıkta ısıl muamele, uçucu ve bağlı suyun kaybıyla düşük kütle kaybına sebebiyet verir.

2.1.2. Koku Oluşumu

Degradasyon ürünlerinin çoğu, ısıl işlem muamelesi süresince oluşur ve bunların bazıları hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehitlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir ve degradasyon ürünleriyle oluşabilir. Isıl işlem görmüş ahşabın hoş olmayan kokusu muameleden 2–3 hafta sonra kaybolur (5).

2.1.3. Çatlak Oluşumu

110–180°C sıcaklıklarda ısıl işleme maruz bırakılan kayın ve çam diri odununda meydana gelen kurutma deformasyonu incelenmiştir. Çam diri odununda boyuna yönde yüzey çatlaklarıyla, kollaps ve çarpılmalar olmaksızın kurutulmuştur. Buna karşın birçok durumda iç çatlaklar meydana gelmiştir. Kayın odununda, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısı muamelesinden sonra boyuna yüzey üzerinde herhangi bir yüzey çatlaklığı görülmemiştir. Fakat; iç çatlak oluşumları çam diri odununkinden çok daha belirgin olmuştur (6).

2.1.4. Ahşabın Rengindeki Değişim

Renk estetik bir konudur. Isıl işlem uygulaması suresince ahşaba meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) renk değişim reaksiyonlarının sonucunda ahşabın rengi koyulaşır. Bu renk

değişimi özellikle yapraklı ağaçlarda pozitif bir etki olarak görülür. Renk ısı işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısı işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilir özellik katmasından dolayı yeni pazar potansiyeline sahip olma özelliği kazandırır. Renk ayrıca termal bozunma sebebiyle kimyasal değişme, kütle ve direnç kayıpları gibi farklı özelliklerdeki değişimler neticesinde ısı işlem uygulamasının kalitesini belirleme potansiyeline sahiptir (7).

Kahve renk ısı işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlar veya destekler. Isıl işlem uygulaması sonucu tipik ahşap dokusu hala görülebilir veya hatta belirgin hale gelebilir. Literatürde ısı işlem uygulaması suresince ahşaptaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri tam olarak tanımlanamamıştır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda renk değişimlerinin ana sebepleri olarak hemiseluloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir. Isıl işlem uygulamasında sıcaklık ve süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır (8)

2.1.5. Yüzey İşlemi ve Boyanma Kabiliyeti

Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri estetik amaçlar veya yaşlandırma için boyanabilir. Boyama sistemlerinin penetrasyon ve adezyonu ısı işlem tarafından etkilenir. Isıl işlem uygulanmış ahşabın ısı işlem uygulanmamış ahşaba nazaran daha hidrofobik olduğundan su bazlı boya sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir süreye gereksinim duyarlar. Isıl işlem uygulaması suresince tutkal sızması reçineli ağaç türleri boyanacağı zaman bir problem olabilir. Isıl işlem uygulanmış kereste organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyanabilir. Isıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin en iyi kaplama malzemesi, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boyadır. Isıl işlem uygulanmış panellerde asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansla sahiptir ve bu boyalar ile kaplanan panellerde boyanın pul pul dökülmesi gözlenmemektedir (1).

2.1.6. Yaşlanma ve UV-Direnci

Isıl işlem uygulanmış ahşap daha düşük su alımı sergiler ve kuvvetli olarak modifiye edilmiş ıslanabilirlik, kaplama ve tutkallama işlemleri gibi özelliklerinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Yüksek sıcaklık şartlarına maruz kalan bir ahşabın yüzeyi inaktivasyona uğrayabilir. Ahşap yüzeyinin bağlanma yerlerinin oksidasyon ve/veya pirolizi yeterince yüksek sıcaklık ve uzun surede gerçek ve kaçınılmaz inaktivasyon mekanizmasına yol açar (9)

2.2. Ahşap Malzemenin Mekanik Özelliklerindeki Değişimler

Isıl işlem uygulanan ahşabın direnç özelliklerini etkileyen diğer bir olgu ahşabın termo-plastik davranışdır. Belli sıcaklıkların üzerinde hemiselulozun (127-235°C), ligninin (167-217°C) ve selülozun (231-253°C) fiziksel karakteristikleri plastik safhaya geçer. Ahşabın termal yumuşaması, buharlamanın suyun bir plastikleştirici olarak hareket etmesi ile yumuşama noktasının (180°C) azalmasına rağmen 200°C'nin üzerinde bir bütün olarak meydana gelir. Lignin ve hemiselulozun termal davranışı selüloz ile moleküller arası ikincil bağlar sebebiyle etkileşimler tarafından sınırlandırıldığı görülür. Isıl işlem suresince hemiselulozun bozunması ikincil bağları etkilediğinden lignin ve hemiselulozun kalıcı plastikleşmesine yol açar. Soğutma safhasında ise bu bileşenler tekrar rijit olur ve moleküler polimer yapı değişebilir. Bu durum direnç özelliklerini etkileyen ahşabın ana bileşenleri arasındaki etkileşimi etkilemektedir (1).

Ahşapta ısı işleminden en çok etkilenen mekanik direnç özellikleri şok ve eğilme dirençleri, en az etkilenen ise eğilmede elastikiyet modülüdür(10)

Uludağ Göknarı (*Abies bormülleriana* Mattf.) ile yaptığı çalışmada; 180°C'de 10 saat ısı işlem uygulandığında basınç direncinde %29.41, eğilme direncinde %29.28, eğilmede elastikiyet modülünde %40.08, enine kesit janka sertliğinde %22.43, radyal kesit janka sertliğinde %23.27, teğet kesit janka sertliğinde %16.19, dinamik eğilme direncinde %39.24 ve liflere dik çekme direncinde %28.14'lük bir azalma tespit etmiştir(11)

2.4. Mantar Çürüklüğüne Karşı Dayanıklılık Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Isıyla muamele edilmiş ahşabın biyolojik direncini ölçmek için 3 tip test yapılmakta ve bu testler EN 113 standartlarına göre gerçekleştirilmektedir. Deneyler küçük örneklerde (1,5x2,5x5 cm) kısa sürelerde yapılmaktadır. 8, 16, 24 ve 32 haftalar arası en çok zarar yapan *Coniophara puteana* ve *Poria placenta* mantarları kullanılarak, deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonrası elde edilen veriler ısıyla muamele edilmiş ahşap örneklerde bu mantarların arızı daha az olduğu belirlenmiştir (12).

Fengel and Wegener (1989) tarafından yapılan çalışmalarda ısıyla muameleyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı ahşabın biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bunun üç temeli bulunmaktadır. Kavak, ladin ve göknar ahşabın yapısında doğal olarak bulunan suyun buharlaşması, mevcut hidroksil gruplarının azalması ve bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı olduğu belirlenmiştir. Kavak, ladin ve göknar örnekleri 200–260 °C’ de termal olarak muamele edilmiş ve sonuçta mikrobiyolojik saldırılara karşı örneklerin dirençlerinin arttığı belirlenmiştir(13). Troya and Navarrete (1994), kavak odunu 220, 230, 240, 250 ve 260 °C sıcaklıklarda 5, 10, 15, 20 saat termal muamele sonucunda kavak odununun dayanıklılığı ciddi oranlarda arttığı belirlenmiştir(14).

3.SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir ve yenilenebilir bir malzeme olması dolayısıyla ahşabın birçok alanda kullanımını her geçen gün hızla artmaktadır. Bu anlamda özellikle Avrupa’da yönetimler enerji tüketimini ve CO₂ emisyonunu azaltmak için sürdürülebilir yapı materyallerinin kullanımını teşvik etmektedir. Ahşap yapı elemanları bina içerisindeki birçok yerde başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ahşap yapı malzemeleri genel olarak yapıda taşıyıcı eleman, doğrama elemanı ve kaplama elemanı olarak kullanılmaktadır. Ahşabın kullanım sırasında ve sonrasında sağladığı birçok avantaja rağmen özellikle dış hava koşullarında kullanıldığı takdirde bünyesinde meydana gelen olumsuz değişiklikler ahşabın kullanım alanını sınırlamıştır. Ahşabın bu gibi kusurlarını elemine etmek için birçok uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamalar içerisinde pratik bakımdan en uygun yöntemlerden birisi bahsi geçen ısı işlem uygulamasıdır. Isıl işlem uygulanmış ahşap parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekân mobilyaları, müzik aletleri yapımında ve özellikle iç mekân ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak materyalin UV ışınları, sıcaklık, radyasyon, rutubet, rüzgâr, nem ve mekanik etkiler gibi dış ortam koşullarında maruz kalabileceği etkilere karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bahsedilen dış ortam şartları sonucu maruz kalınabilen bu etkilere karşı ısı işlem görmüş ahşap malzeme yeteri düzeyde koruma sağlamaktadır. Bu bakımdan ısı işlem görmüş ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak kullanımında herhangi bir problem yaşanabileceğine ilişkin herhangi bir kaygı taşınmamaktadır. Bununla birlikte dış cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap malzemenin servis ömrü sonunda doğada kolay bir şekilde bozunması yani biyobozunur karakterde olması dolayısıyla çevreci kaygılar da giderilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- (1) Boonstra MJ 2008. A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare - Nancy 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
- (2)URL-1 2011. Thermowood metodu.<http://www.novawood.com.tr/twMetodu.aspx> (Erişim tarihi: 23. 09.2011).
- (3) Mayes, D., Oksanen, O., 2002, *ThermoWood Handbook*, Finnforest, Finland
- (4)Fengel, D. and Wegener, G. 1989. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter De, Germany
- (5)McDonald, A. G., Dare, P. H., Gifford, J. S., Steward, D. and Riley, S. 2002. Assessments of air emissions from industrial kiln drying of *Pinus radiata* wood, Germany. Holz als Roh-und Werkstoff, 60, 181-190.
- (6)Gunduz, G., Niemz, P., and Aydemir, D. 2008. Changes in specific gravity and equilibrium moisture
- (7)Johansson, D 2005. Strength and Colour Response of Solid Wood to Heat Treatment, Licentiate Thesis, Lulea University of Technology, Department of Skelleftea Campus, Division of Wood Technology, Skelleftea-Sweden, ISSN 1402-1757 / ISRN LTU-LIC--05/93--SE / NR 2005:93
- (8)Nuopponen, M 2005. FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of Scots pine wood and its extractable compounds, Doctoral dissertation, Helsinki University of Technology, Department of Forest Products Technology, Laboratory of Forest Products Chemistry, Reports Series A 23, Espoo-Finland.
- (9)Sernek, M 2002. Comparative analysis of inactivated wood surfaces, Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 179 pages
- (10)Yildiz S. 2002. Physical, mechanical, technological, and chemical properties of *Fagus orientalis* and *Picea orientalis* wood treated by heating. PhD thesis, Blacksea Technical University, Trabzon, Turkey, p 245
- (11) Korkut, S. 2008: The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) wood, Building and Environment, Volume 43, Issue 4, pp. 422-428, ISSN:0360-1323
- (12)Rapp, A. O. and Sailer, M. 2000 Heat Treatment in Germany, Proceedings of Seminar "Production and Development of Heat Treated Wood in Europe", Helsinki, Finland.
- (13)Fengel, D. and Wegener, G. 1989. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter De, Germany.
- (14)Troya, M. T. and Navarette, A. 1994. Study of the degradation of retified wood through ultrasonic and gravimetric techniques, International Research Group on Wood Preservation, Doc., 03
- (15)<http://www.novaorman.com>

Konya Çevresindeki Selçuklu Dönemi Tarihi Yapılarının Çatı ve Cephelerinde Su - Nem Etkilerinin Araştırılması

Yrd. Doç. Dr. Nazım Koçu¹

Konu Başlık No: 8 Tarihi Yapılarda Çatı ve Cepheler

ÖZET

Konya, Selçuklular zamanında bir başkente yakışan, Selçuklu'nun sanat, estetik ve mimari anlayışını yansıtan en güzel eserlerle donatılmıştır. Selçuklu dönemi tarihi yapılarının duvarlarında taş, tuğla, kerpiç, ahşap gibi malzemeler kullanılmıştır. Çatılarında ise bakım ve onarımlar yapılarak kırma, beşik çatı, kubbe vb. yapılmış, bazıları ise yıkılmış ve yok olmak üzere kendi kaderine terk edilmiştir.

Yapılan çalışmada, Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapılarının çatı ve cephelerindeki bozulma nedenlerinden fiziksel çevre etkileri, su-nem sorunlarının araştırılması hedeflenmiştir. Tarihi özelliği olan Selçuklu dönemi yapılarında, atmosferden yağış yoluyla gelen sular, zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular, çatı, saçak ve oluklarda su-nem ile ilgili gerekli detayların çözülemeyişi, ıslanmaya karşı yeterli önlemlerin alınmaması, donma-çözülme etkileri, yağmur suyu ve hava kirliliği etkileşimi, bakımsızlık, ilgisizlik, kötü kullanım nedeniyle oluşan hasarlar araştırılmıştır. Yapının mimarisi ile ilgili literatür bilgilerinden yararlanılmış ve planları elde edilmiştir. Tarihi yapıların çatı ve cepheleriyle ilgili incelemeler yerinde yapılmış, gözlemlerde bulunulmuş ve resimlerle sorunlar aktarılmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise Selçuklu Dönemi'nin önemli kültürel mirasına sahip olan Konya'daki tarihi eserlerin korunması için gerekli hususların yerine getirilmediği, tarihi yapılarda su ve nemin bozucu etkilerine karşı yeterli önlemlerin alınmadığı sonucuna varılmıştır. Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi mirasımızın su-nemden korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için çatı ve cephelerindeki sorunların giderilmesi gerektiği belirtilerek önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER

Konya, Selçuklu, Çatı, Cephe, Su-Nem

¹ Selçuk Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kampüs, Selçuklu/KONYA,
Cep:0 542 380 06 46, E-Mail: nkocu@selcuk.edu.tr

1. GİRİŞ

Konya'daki Selçuklu dönemi tarihi yapıların cephelerinin bozulmasında en büyük etkenin su ve nem sorunları olduğu görülmüştür. Su ve nem etkisiyle yapı malzemeleri üzerinde çiçeklenmeler, aşınmalar, parça kopmaları ve detay kayıpları tespit edilmiştir.

Tarihi yapıların inşasındaki yapım hataları, dış ve iç etkenler, cephelerde kullanılan yapı malzemelerinin bozulmasına neden olurlar. Eskimeleri süreç içinde yapının mimari özgünlüğünü zedeler. Tarihi yapılarda, günümüzde inşa edilen binalarda olduğu gibi inşaat tamamlanmadan, kötü uygulama ve uygun olmayan malzeme seçiminden dolayı önemli hatalar ortaya çıkar. Ayrıca malzemelerin, fiziksel, kimyasal ve atmosfer etkilerine karşı da uyumlu olması gerekmektedir. Bu yüzden tarihi yapıların cephelerinde kullanılan malzemelerin ısı genleşmeleri, su-nem problemleri, donma-çözülme, mikro organizmalar ve güneş etkilerine dayanımlı olmaları da gerekir.

Yapılan çalışmada tarihi yapıların çatı ve cephelerinde su nem etkilerinin nedenleri açıklanarak Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapılarından örnekler seçilerek çatı ve cephelerinde su-nem etkileri araştırılmıştır. Tarihi özellikli yapıların çatılarındaki saçaklar ve yağış sularının uzaklaştırılmasında kullanılan olukların fonksiyonunu yerine getirememesi nedeniyle suyun cephe malzemelerini bozduğu görülmüştür. Toprakla temas eden tarihi yapıların duvarlarında su ve nem yalıtımı tedbirleri için gerekli önlemlerin alınmadığı, toprakla temas eden duvarların yakın çevresinde bulunan suların tarihi yapılardan uzaklaştırılması için olması gereken drenaj sistemlerinin yapılmadığı, ıslanan zemindeki suların kapilarite yoluyla yapı cephelerine yükseldiği ve eserlere zarar verdiği görülmüştür.

2. TARİHİ YAPILARIN ÇATI ve CEPHELERİNDE SU-NEM ETKİLERİNİN NEDENLERİ

Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapıların çatı ve cephelerinde su-nem etkilerinin nedenleri olarak atmosferden yağış yoluyla gelen sular, zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular, çatı, saçak ve oluklarda su-nem ile ilgili gerekli detayların çözülemeyişi, ıslanmaya karşı yeterli önlemlerin alınmaması, donma-çözülme etkileri yağmur suyu ve hava kirliliği etkileşimi, bakımsızlık, ilgisizlik ve kötü kullanım nedeniyle oluşan sorunlar olarak sıralanmıştır.

2.1. Atmosferden Yağış Yoluyla Gelen Sular

Cephelere rüzgar etkisiyle düşen yağış suları yapı malzemeleri üzerindeki çatlaklardan veya boşluklardan içeri girmekte nemlenmeler görülmektedir. Su emilmesi, rüzgar basıncı, yağmur damlalarının kinetik enerjisi ve hava akımı sayesinde gerçekleşir. Duvar yüzeyine gelen su cephelerin ıslanmasına neden olur.

2.2. Zeminden Kapilarite Yoluyla Yükselen Sular

Tarihi yapılarda basınçlı su ve kapilarite olayları temellerde, bodrum duvarlarında ve döşemelerde görülmektedir. Su, yapı elemanlarına yatay veya düşey yönde kılcal boşluklardan girmekte, yer çekimine ters istikamette yukarıya doğru ilerleyebilmektedir. Su, kapilarite ile cephelerde kullanılan malzemelerde hasara neden olmaktadır. Zeminden yükselen su, içinde taşıdığı tuzların cephe yüzeyinde buharlaşması sonucunda çiçeklenmelere, duvarların fiziksel ve kimyasal yapısının bozulmasına neden olurlar.

2.3. Çatı, Saçak ve Oluklarda Su-Nem İle İlgili Gerekli Detayların Çözülemeyişi

Çatıdaki yağış sularını yapıdan uzaklaştıran detayların günümüzde değiştirilmesi nedeniyle sorunlar yaşanmaktadır. Selçuklu dönemi yapılarında suların alınışı düşünülmüş fakat günümüzde onarım bahanesiyle yapılan çalışmalarda sular yapıdan uzaklaştırılmamış, üstelik yapının zemin duvarlarına

verilerek cephelerin bozulması sağlanmıştır. Yapıların onarımı sırasında çatılarda, cephelerde saçak ve oluklarda su ile ilgili detaylar doğru olarak çözülmelidir.

2.4. Islanmaya Karşı Yeterli Önlemlerin Alınmaması, Donma-Çözülme Etkileri

Su, duvar malzemesi ile temas halinde olduğu zaman malzemenin iç kısmına taşınır. Emilen su, eğer buharlaşma gibi mekanizmalarla dengelenemiyorsa, yerçekimine rağmen gözenekli duvar içinde yükselmeye devam eder. Su, içinde eriyebilen tuzlar cephelerde lekeler ve çiçeklenmelere neden olur. Su atmosferdeki kirleticilerle birlikte taş malzemelerdeki çözülme oksidasyon, karbonasyon, solüsyon, hidrasyon, hidroliz yoluyla gerçekleşir [1].

Yapılar uzun yıllar doğanın değişik etkileri altında yıpranır ve sürekli bakım sağlanmazsa bozulmalar görülür. Isı farkları, donma-çözülme nedeniyle malzemeler yorulur, yıpranır. Su, yapı malzemelerini bozar. Çatlaklara giren su, donduğunda genleşme etkisi yaparak çatlakların büyümesine dolayısıyla parça kopmalarına neden olur [2].

2.5. Yağmur Suyu ve Hava Kirliliği Etkileşimi

Yağmur suyu ve hava kirliliği etkileşimi sonucu ortaya çıkan kimyasal oluşumlar, malzemenin yüzeyinde veya iç yapısında çeşitli hasarlara ve bozulmalara neden olur.

2.6. Bakımsızlık, İlgisizlik, Kötü Kullanım Nedeniyle Oluşan Hasarlar

Tarihi yapıların belirli aralıklarla bakımı yapılmalıdır. Bakımsızlık ve ilgisizlik devam ettiği sürece, bozulmaya neden olan etkenlerin zararlı etkileri de devam eder [3]. Tarihi yapıların yakınındaki yollardan geçen araçlar yapılarda titreşimlere ve temellere yapılan baskılar sonucu hasarlara neden olurlar.

Yapıların cephelerinde bozulmaya neden olan fiziksel çevre etkilerinden en önemlisi olan su, bina bünyesine alınmadan yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Ancak, duvarlar düşey konumda olmaları nedeniyle yağışlardan çok az etkilenirken, binaların çatıları yeterli eğim verilse de duvarlardan çok daha fazla yağışa açıktır. Bu nedenle, dış duvarların suya karşı korunması sorununun çözümünde ağırlık çatılar ve saçaklardır [4]. Zeminden yükselen sular için çözümler üretilmeli ve tarihi yapıların bozulmaları önlenmelidir.

3. KONYA ÇEVRESİNDEKİ SELÇUKLU DÖNEMİ TARİHİ YAPILARIN ÇATI ve CEPHELERİNDE SU-NEM ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapılarından örnek olarak yedi adet yapı incelenmiştir. Alaeddin Camii(1220), kerpiç yapı malzemesinin kullanıldığı Alaeddin Köşkü(1173) kalıntısı, Sırçalı Medrese(1243), Karatay Medresesi(1251), İnce Minareli Medrese(1264), cephelerinde su ve nem etkileriyle oluşan hasarlar yerinde yapılan gözlemler ile araştırılmıştır. Konya'nın Beyşehir ilçesinde bulunan, arkeolojik kazı ve araştırmaları 35 yıldır devam eden Kubad Abad Sarayı (1235), Malanda Köşkü, Kız Kalesi kalıntılarının çatı ve cepheleri tahrip edilmiş, tarihi yapı yok olmak üzere çevrenin bozucu etkilerine karşı açık alanda yok olmak üzere kendi kaderlerine terk edildiği görülmüştür.

3.1. Alaeddin Camii

Alaeddin Camii, Sultan I. Rükneddin Mesud (1116-1155)'un son zamanlarında yaptırılmaya başlanmış, II. Kılıç Arslan (1155-1192), I. İzzeddin Keykavus (1211-1220) ve I.Alaeddin Keykubat (1220-1237) devirlerinde de yapıma devam edilmiştir. Yapının doğu yüzü 67.70, güney köşeden doğu kapısına kadar 21.20 metredir. Kapının önünde dört ince ahşap sütunun tuttuğu bir saçak vardır. Burası giriş kapısıdır. Yapının bu kısmında, çoğu başlıkları ile birlikte Bizans ve daha önceki devirlere ait olan 41 tane taş ve mermer sütun bulunur. Bu sütunların biri diğerine kemerle bağlanmış, üzeri ağaç ve toprakla örtülmüştür. Günümüzde çatısı yeniden onarılmıştır. Alaeddin Camii'ni kuzeyden doğuya ve batıya, bir kale görünüşünde duvarlar çevirir. Bu duvarlar muntazam kesme taşlardan yapılmıştır. Alaeddin Camii'nin kuzey köşesinde görülen bir şerefeli minaresi Osmanlı dönemine aittir. Caminin geriden dikkati çeken önemli bir elemanı da kuzey cephedeki taş kapısıdır. Dikdörtgen

biçimindeki caminin taç kapısında mor ve beyaz mermerler birbirlerine yarım daire şeklinde geçirilmesiyle meydana getirilmiştir. Türk taşçılık sanatının en güzel örneği burada görülür. Adeta bir dantel gibi örülen bu kemerin iki tarafına mor ve beyaz mermerden kitabe şeklinde geniş süsler yapılmıştır [5].

Alaeddin Camii, Sultan III. Murad zamanında tamir edilmiştir. 1593 de yapının tamirine başlanması istenmiştir. Toprak damlı olan caminin karlarının temizlenmesi için Sille'den bazı insanlar görevlendirilmiştir. 1672 yılında caminin güney cephesi, büyük kubbe önünde ve altındaki duvarların tamir edilmesi gerektiği belirtilmiş, kireç harcı kullanarak duvarları onarılmıştır. Alaeddin Camii I. Dünya, İstiklal ve II. Dünya savaşları sırasında ordunun elinde ve emrinde bulunmuş, daha sonra onararak ibadete açılmıştır. 1958 yılında kuzey duvarlarında derin çatlaklar ortaya çıkmış, 1959 yılında bu duvarların batı kısmı tamamen yıkılarak Vakıflar İdaresi'nce restorasyonuna başlanmış ve tamirati uzun yıllar sürmüştür. Nihayet büyük bir tamirden sonra 1995'de ibadete açılmıştır [5]. Zemin sorunları ve ıslanmaya karşı yeterli önlemlerin alınmaması sonucunda taş malzemeler üzerinde bozulmalar vardır (Şekil 1).



Şekil 1. Konya Alaeddin Camii (Çizim, O., Aslanapa) [6] cephelerde su-nem sorunlarının olduğu görülmüştür.

3.2. Konya Alaeddin Köşkü (II. Kılıçarslan Köşkü)

Konya'da İç Kale'nin sur kulelerinden olan Sultan II. Kılıçarslan (1156-1192) tarafından yaptırılan Köşk'ün yalnız doğu duvarı kalmıştır. Sonraları yapıyı tamir ettirdiği için Alaeddin Keykubad'ın adını alan köşk aslında etrafı balkonlarla çevrili, dışarı taşan, büyük tuğla konsollar üzerine oturan kare bir mekandan oluşmaktaydı. Köşk içten ve dıştan zengin çeşitli çinilerle kaplanmıştı. Günümüzde çinileri alınmış, duvarları yıkılmıştır [6]. Kerpiç malzemenin kullanıldığı köşk kalıntısı bakımsızlık, ilgisizlik, su-nem etkileriyle yıkılmak üzeredir (Şekil 2).

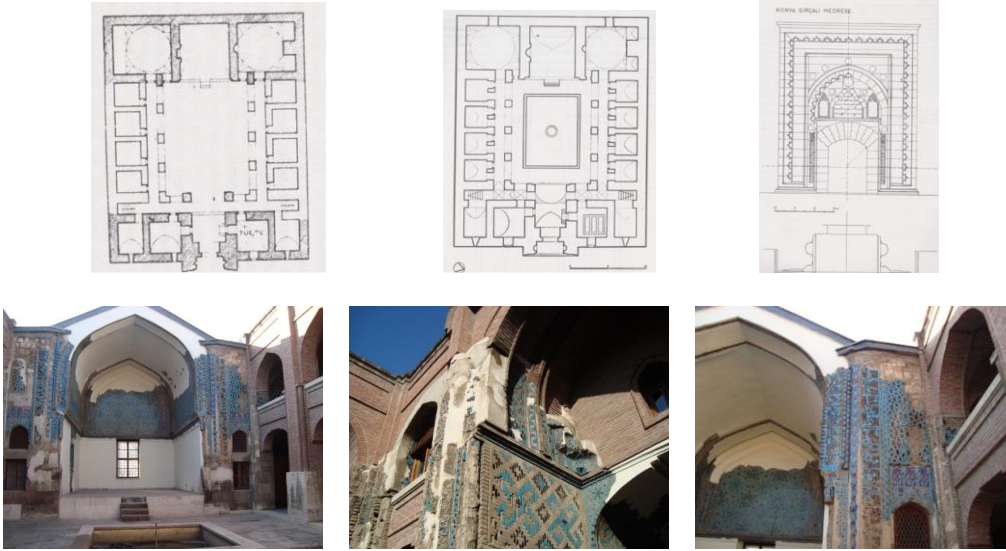


Şekil 2. Kerpiç malzeme üzerindeki betonarme kabuk bakımsızlık, ilgisizlik ve su-nem etkileri nedeniyle bozulmuştur.

3.3. Sırçalı Medrese

Konya’da iki katlı, eyvanlı medreselerden olan Sırçalı Medrese’nin (1242) yapı malzemelerinde bozulmalar vardır. Tamamıyla simetrik, dengeli planı ile klasik Selçuklu medreselerinin ilk örnekleri arasında yer alır. Anadolu’nun en önemli medreselerinden biri olan yapının adı çini süslemelerinden gelmektedir. Eyvanı kaplayan dört renkli zengin çini süslemelerin ve mihrap çinilerinin çoğu su etkileri, bakımsızlık, ilgisizlik nedeniyle dökülmüştür. Eyvanın iki tarafında, kubbeli dersaneler vardır. İkinci kat yıkılmıştır. Bugün bozulmuş ve dökülmüş olan kitabede, yapılan eserin dünyada eşi olmadığına dair bilgiler bulunmaktadır [6].

Orta Anadolu’da “çini” ye “sırça” denilmektedir. Bu medrese çinileriyle meşhurdur. Bundan dolayı medrese de “Sırçalı Medrese” olarak tanınmıştır. Sırçalı Medrese, üzerinde kubbesi olmayan açık avlulu plan tipinde yapılmıştır. Medresenin yüzü 17 m. derinliği ise 30.50 metredir. Medresenin en dikkat çekici yönü, ziyaretçilerde hayranlık uyandıran taç kapısıdır. Burada kullanılan taşların işçiliği ve süslemeleri dikkat çekicidir. Taç Kapısı’nın eni 7.10, derinliği ise 2 metredir [5]. Eyvanın batı tarafındaki çinileri çerçeveleyen kısımda mavi çiçekli bir zemin üzerine mor çini ile süslenen güzel yazılar bulunmaktadır. Çinilerin bir kısmı bugün su ve nem etkileri nedeniyle dökülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Konya Sırçalı Medrese (Çizim, M. Sözen) [6] su ve nem etkileri nedeniyle çinileri dökülmüştür.

3.4. Karatay Medresesi

Selçuklular’ın zengin mekanlı yapısına bir örnektir. Ortasında bulunan büyük kubbenin altına havuz yerleştirilmiştir. Kubbeyi ve duvarları kaplayan çini mozaik süslemeleri vardır. Taç kapıda renkli taş kakma düğümlü geçmeler yanında geometrik panolar, kabartma yazılar, ince detaylı mukarnaslar, sarma kemer motifleri, taş işlemlerden oluşur [6]. Odalardan bir kısmı yıkılmıştır. Tahmini olarak tamamlanmış planı verilmiştir (Şekil 4). Yapının ortadan fenerli kubbesi kurşun malzemeyle kaplanmış fakat kubbenin suları cephe duvarlarının üzerine akıtılmakta ve malzemelerin bozulmasına neden olmaktadır. Taç kapı cephesindeki yapı malzemelerinde bozulmalar görülmüştür.

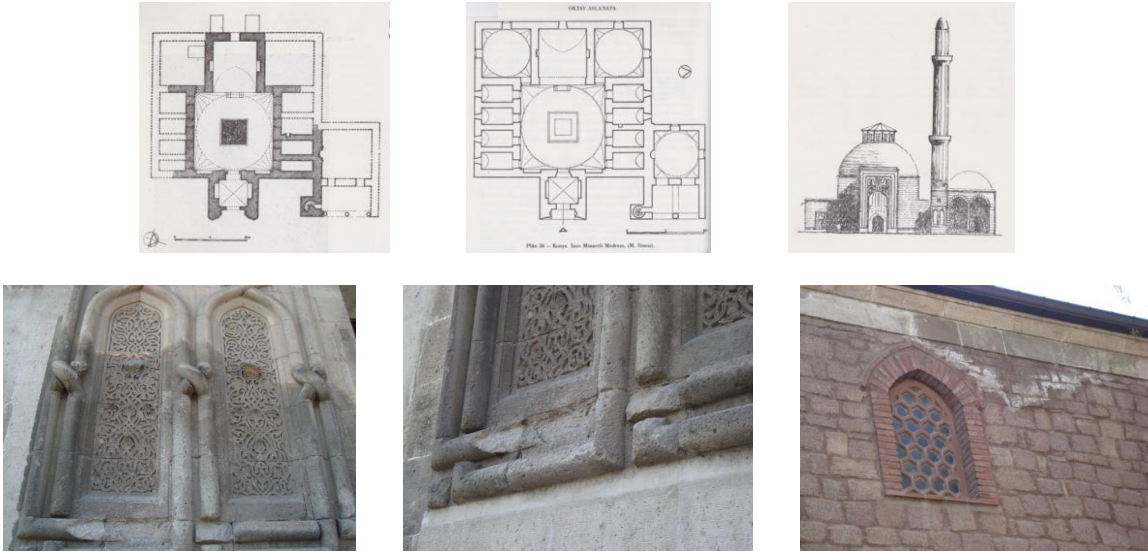


Şekil 4. Konya Karatay Medresesi (Çizim, M.Sözen) [5] cephede nem ve kirlilik nedeniyle bozulmalar vardır.

3.5. İnce Minareli Medrese

Konya’da Alaeddin Tepesi’nin batısındadır. Mimarı Kelük Bin Abdullah’tır. 1264 yılında yapılmıştır. Yapıda 1900 yıllarında onarım yapılmış, eyvanın iki tarafında yıkık vaziyette bulunan kubbeli odalar onarılmış, ayrıca eyvanın arka duvarının açılmasını önlemek için batısına iki kalın payanda duvarı yapılmıştır. 55 metre minarenin üst kısmı ve ikinci şerefesi 1901 yılında üst üste iki yıldırım düşmesi sonucu yıkılmış, mescidin de kubbesi çökmüştür [7]. Yıkılan minarenin kitabeli çinileri Alman Konsolosluğu’na taşınmıştır. Medresenin talebe hücreleri tamamen ortadan kaldırılmıştır. 1956’da Taş ve Ahşap Eserler Müzesi olarak hizmete giren eserin etrafında temizlik çalışması yapılmış, etrafı duvarla çevrilmiş, açık müze haline getirilmiş, kubbeleri kurşunla kapatılmıştır. Duvarlara dıştan destekler yapılarak sağlamlaştırılmıştır. Medreseyle ilgili 2002 yılından sonra yapılan restorasyon çalışmalarında yapının dış ve iç kısmın tamamı elden geçirilmiştir.

İlk bakımı yapılan bölümlerden birisi taç kapısıdır. Üst taraf yağmur ve kar sularıyla tahrip olmuştur. Zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular portalin alt bölümünü bozmuştur. Giderek bu bozulmanın kademe kademe yukarıya doğru yükseldiği görülmektedir. Mescidde yapılan çalışmalarda kubbe orjinal haline uygun kesme taşlarla örülerek yapının üzeri kapatılmıştır. Mescidin duvarlarıyla ana yola bakan ön cephe revakı eski haline getirilmiş ve restore edilmiştir. Bugün içerisinde Selçuklu, Beylik ve Osmanlı dönemlerine ait Orta Çağ’a ışık tutan pek çok sanat eserinin sergilendiği istisna bir müzedir [7]. Yapı malzemesi olarak kullanılan taşların gözenekli olması, çatıdan gelen suların alınışı ve drenaj sisteminin tam olarak çözülememesi nedeniyle portal cephesi zeminden su almaktadır. Zeminden yükselen suyun seviyesi 3 m’yi bulmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. İnce Minareli Medrese (Çizim, A.Kuran) [8] zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular, donma-çözülme etkileri sonucu detay kayıpları ve cephelerdeki su-nem sorunları görülmektedir.

3.6. Kubad Abad Sarayı ve Kız Kalesi

1965 yılında K.Otto-Dorn’un yönettiği kazılar sonucunda Kubad-Abad ilk defa, birkaç sarayı içine alan Selçuklu şehrinin planını ortaya çıkardı. Sur duvarları, hayvan parkı, tersane ve 16 kadar yapı kalıntısı meydana çıkarılmıştır. Daha sonra kazı çalışmalarına R.Arık devam etmiştir [6].

Kubad Abad Saray Külliyesi zamanımıza kadar kalıntıları kalabilmiş, planı, mimarisi bilinen tek Selçuklu sarayı olması yönünden önemli bir eserdir. Anadolu Selçuklu Sultanı I. Alaeddin Keykubat tarafından 1235 yılında yapımına başlanmıştır. Saray, Beyşehir Gölü’nün batı kenarında yapılmıştır. Uzun süre yağma edilen neredeyse yok olma durumuna gelen Kubad Abad Sarayı’nda iskele yapıları, köşk hamamı, fırınlar, büyük saray ve küçük saray kalıntıları bulunmaktadır [9]. Yapılarda kullanılan taşların çoğu çevredeki inşaatlarda kullanılmak üzere götürülmüştür. Selçuklular’dan günümüze kalan

eserler bilgisizlik, umursamazlık yüzünden yok olmakta; kalanlar da çarpık, bilinçsiz yapılaşma arasında özelliklerini kaybetmekte, çevrenin (güneş, rüzgar, yağışlar vb.) bozucu etkileri karşısında tahrip olmakta, tarihi kimliğimiz silinmektedir. Tarihi yapıların üzerine basit tenekeler, metal malzemeler, plastik örtüler serilmiş, yapılar su ve nemden yeterince korunamamıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Beyşehir Kubad Abad Sarayı (Çizim, O.,Aslanapa) [6] ıslanmaya karşı yeterli önlemler alınmamış, su-nem sorunları çözümlenememiş, bakımsızlık, ilgisizlik ve atmosfer etkileri sonucu bozulmalar oluşmuştur.

Kız kalesi, Kubad Abad Sarayı'nın yakınında Beyşehir Gölü içerisinde, harabe halinde büyük tonozlu bir binadır. Bu yapının dışında, kuzeydoğu uçta yamuk planlı, tonozlu bir mekan bulunmakta, adanın güney ve doğu kenarlarını sınırlayan sur kalıntıları boyunca bir dizi mekanlar bulunmaktadır. Kız kalesi içerisinde küçük bir hamam mevcuttur. Temiz su, atık su tesisatları ile ilgili künkler vardır. Burada, Selçuklu mimari eserler ile birlikte Bizans dönemine ait mimari bezemeler ve mozaik döşemeler görülmüştür. Yapı atmosferin bozucu etkilerine terk edilmiştir (Şekil 7). Balıkçıların uğradığı, taş, tuğla gibi malzemelerin alındığı, hiçbir koruma önleminin alınmadığı, yok olmak üzere bir yapı durumundadır.



Şekil 7. Beyşehir Gölü içerisinde bulunan Kız kalesinde, atmosferin bozucu etkilerine karşı yeterli önlemler alınmamış, bakımsızlık, ilgisizlik, donma-çözülme etkileri nedeniyle tarihi yapı yok olmaya terk edilmiştir.

Taş malzemelerde zamanla atmosferdeki sıcaklık değişimlerine bağlı olarak çatlama, parçalanma ve döküntüler görülmektedir. Yapı taşları üzerinde kapiler su emme ve buharlaşma sonucu çiçeklenmelere rastlanmaktadır. Yağmur suları da taş malzemeler üzerinde aşınmalara ve detay kayıplarına neden olmaktadır [10].

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Mevcut tarihi eserlerin doğal çevre şartlarından korunması için çatı ve cephe sistemlerinin doğru olarak, uzmanları tarafından yapılması gerekir. Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapıların çatı ve cephelerinde su-nem etkilerinin nedenleri olarak atmosferden yağış yoluyla gelen sular, zeminden kapilarite yoluyla yükselen sular, çatı, saçak ve oluklarda su-nem ile ilgili gerekli detayların çözülemeyişi, ıslanmaya karşı yeterli önlemlerin alınmaması, donma-çözülme etkileri yağmur suyu ve hava kirliliği etkileşimi, bakımsızlık, ilgisizlik ve kötü kullanım nedeniyle bozulmaların oluştuğu bu çalışmada görülmüştür.

Örnek olarak seçilen Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi yapılarından Alaeddin Camii, kerpiç yapı malzemesinin kullanıldığı Alaeddin Köşkü kalıntısı, Sırçalı Medrese, Karatay Medresesi, İnce Minareli Medrese'nin, Konya'nın Beyşehir ilçesinde bulunan, arkeolojik kazı ve araştırmaları yaklaşık 35 yıldır devam eden Selçuklu dönemine ait Kubad Abad Sarayı, Malanda Köşkü, Kız Kalesi kalıntılarının çatı ve cephelerinde su-nem sorunlarının çözülemediği yapılan bu araştırmayla yerinde görülmüştür. Beyşehir yöresindeki tarihi yapıların bir kısmı yok olmak üzere kendi kaderlerine terk edilmiştir. Yapılarda bazı onarımların yapıldığı fakat en önemli sorun olan su-nem etkilerinin gözardı edildiği tespit edilmiştir. Tarihi eserlerimizin geleceğe güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için yapıların yağış sularından, su ve nem etkilerinden korunması gerekir. Bu nedenle yapılan onarımların tarihi yapının estetik ve güzelliklerini bozmayacak şekilde çatı ve suların alınışı ile ilgili detaylar uzmanları tarafından kusursuz olarak çözümlenmelidir. Tarihi yapılardan su ve nemin uzaklaştırılması için yetersiz kalındığı, işin uzmanları ve üniversiteler ile birlikte gerekli çözümlerin üretilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Selçuklu döneminin önemli kültürel mirasına sahip olan Konya'daki tarihi eserlerin korunması için gerekli hususların yerine getirilmediği, tarihi yapılarda su ve nemin bozucu etkilerine karşı yeterli önlemlerin alınmadığı sonucuna varılmıştır. Selçuklu dönemine başkentlik yapmış olan Konya çevresindeki kültürel mirasımızın su ve nemden korunması için gerekli önlemlerin alınması ve tarihi yapıların korunması konusunda çalışmalara hız verilmelidir. Konya çevresindeki Selçuklu dönemi tarihi mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için çalışılması gerektiği, çatı ve cephelerindeki su-nem sorunların giderilmesi ve bu eserlerin korunarak ülke turizmine kazandırılması konusunda çalışmalarda bulunulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. Gürdal, E., (1982), Anıtlarda ve Yapılarda Kullanılmış Doğal Taşların Bozulma ve Korunmaları, Rölöve ve Restorasyon Dergisi, Özel Sayı, s.27-29.
- [2]. Koçu, N., (2006), Konya'da Selçuklu Dönemi Yapıların Duvar Malzemelerinde Su ve Nem Etkisiyle Oluşan Hasarların Araştırılması, 3.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, TMMOB, 15-17 Kasım, s.372-383, İstanbul.
- [3]. Esin, T., (1990), Konya ve Çevresindeki Tarihi Esrlerde Doğal Taş Malzemelerin Bozulma Nedenleri ve Onarımlarında Kullanılacak Uygun Taş Seçimi İçin Bir Çalışma, D. T., Yayınlanmamış, S.Ü.F.B.E., Konya.
- [4]. Toydemir, N., Gürdal, E., Tanaçan, L., (2000), Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, s.394, Temmuz, İstanbul.
- [5]. Atçeken, Z., (1998), Konya'daki Selçuklu Yapılarının Osmanlı Devrinde Bakımı ve Kullanılması, Türk Tarih Kurumu Basımevi, VI.Dizi, Sayı:46, s.365, Ankara.
- [6]. Aslanapa, O., (1991), Anadolu'da İlk Türk Mimarisi, Atatürk Kültür Merkezi Yayını, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Sayı:43,s.163, Ankara.
- [7]. Erdemir, Y., (2007), İnce Minareli Medrese, T.C. Konya Valiliği, Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Yayın No: 130, Altınarı Ofset, Haziran, s.176, Konya.
- [8]. Eyice, S., (1986), Anadolu Selçuklu Mimarisi, İ.Ü. Edebiyat Fak. s.122, Ağustos, Ankara.
- [9]. Arık, R. (2001), Kubad Abad Sarayı ve Malanda Köşkü, I. Uluslar arası Selçuklu Kültür ve Medeniyeti Kongresi, Bildiri, S.Ü. 1.Cilt, 11-13 Ekim, s.25-32, Konya.
- [10]. Dülgerler, O. N., Karadayı Yenice, T. (2006). Gaziantep Zincirli Bedesten'in Yapım Tekniği ve Malzeme Kullanımı Açısından Analizi, 3. Ulusal Yapı M. K., TMMOB., s.690-699, 15-17 Kasım, İstanbul.

Restore Edilen Binalarda Çatı Tasarımı, İstanbul'da Çelik Taşıyıcı Sistemli Bir Çatı Örneği

Fatih Yazıcıoğlu¹

Konu Başlık No: 8 Tarihi Yapılarda Çatı ve Cepheler

ÖZET

İstanbul'daki yeni konut ihtiyacının iki temel nedeni bulunmaktadır. Birinci neden coğrafi olarak deprem kuşağında olması ve mevcut konut dokusunun depreme yeterince dayanıklı olmamasıdır. İkinci neden sürekli nüfus artışıdır. Bu iki neden kentin tamamında yeni konut üretimini desteklemektedir. Yeni yapılan konutların yanında kentin özgün mimarlık örnekleri de ya yıpranmadan dolayı ya da çoktan yıkılmış olması nedeniyle yenilenmektedir. İstanbul'un özgün köşkleri yenilenirken "konut talebi" binalardaki her mekanının değerlendirilmesini teşvik etmektedir. Özgün mimaride yaşam alanı olarak kullanılmayan çatı aralarının yenileme sürecinde yaşam alanlarına dönüştürülmesi bu talebin önemli yansımalarındandır. Ancak bu dönüşüm hem binanın bütüncül tasarımında, hem de çatı sisteminin detay tasarımında önemli değişiklikler getirmektedir. Bu değişiklikler yazıda örnek bir bina analiziyle irdelenmektedir. 1992 yılında geçirdiği yangın sonrası tamamen yıkılan ahşap İstanbul köşkü, 2013 yılında yenilenmiştir. Yenileme sırasında özgün ahşap taşıyıcı sistem betonarme olarak değiştirilmiş, çatı sistemi de çelik taşıyıcılı olacak şekilde tasarlanmış ve yapılmıştır. Bu yazıda çatı sisteminin tasarımı ayrıntılı olarak incelenmiş, çatı ile ilgili U değerleri hesaplanmış ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

çelik konstrüksiyon çatı, ısı performans, İstanbul, restorasyon

¹ Fatih Yazıcıoğlu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Taşkışla Binası, Taksim, İstanbul 34367, 0212 2931300/2206, 0212 2514895, fyazicioglu@gmail.com

1. Giriş

Sürekli nüfus artışı ve özellikle deprem nedeniyle yapılan kentsel dönüşümler İstanbul'un mevcut konut dokusunun büyük bir değişim geçirmesine sebep olmaktadır [ÇŞB, 2014]. Bu değişim bazı alanlarda kanun yoluyla devlet desteğiyle, bazı alanlarda da özel sektör girişimi olarak yürümektedir [TBMM, 2012]. Bu değişim kentin doğu ve batısındaki uydu kentlerin gelişimi, yeni uydu kentlerin kurulması ve "eski" kent içindekilerin de yenilenmesi şeklinde ilerlemektedir. Bu yenilemeyle birlikte yürüyen, özellikle ulaşım alanında olmak üzere, altyapı çalışmalarlarıyla kentin kimi kesimleri büyük bir şantiye görünümündedir.



Şekil 1: Erenköy'de yeni konut inşaatı için yıkılan eski konut binası.

Şekil 2: TOKİ Kayaşehir projesi.

Şekil 3: Üsküdar - Ümraniye - Çekmeköy - Sancaktepe Metro Hattı inşaatı.

Uzun geçmişinde İstanbul; Latin, Roma, Bizans ve Osmanlı İmparatorluklarına başkentlik yapmıştır. Günümüzde Türkiye'nin sosyal ve ekonomik başkenti durumundadır. Sayılan geçmiş uygarlıkların izleri kentin genelinde görülmekle birlikte, Osmanlı mimarlığının etkileri özellikle Boğaziçi şeridinde belirginleşmektedir. Boğaziçi Anadolu ve Avrupa kıtalarını ayıran Karadeniz ve Marmara Denizini birbirine bağlayan, yaklaşık 30kmlik, dünyanın en bilinen ve en çok turist çeken suyollarındandır [Ağat, 1963]. Boğaziçi'nin kıyı şeridindeki Osmanlı mimarisine özgü binalar 3 tipte gruplanmaktadır: "anıtsal saraylar, kasırlar ve camiler", "yalılar" ve "köşk ve konaklar". Anıtsal saraylar ve kasırlar genellikle Osmanlı hanedanı için yapılmış görece büyük ve genellikle Boğaziçi kıyısındaki binalardır. Yalılar genellikle Osmanlı üst düzey devlet görevlileri ve Paşalar için yapılmış çeşitli boylardaki, Boğaziçi kıyısında yer alan binalardır [Sakaoğlu, 2012]. Köşk ve konaklar ise sivil varlıklı aileler için yapılmış konutlardır. Genellikle kıyı şeridinin yamaçlarındaki, sayfiye alanlarda yapılan ahşap sistem binalara köşk, daha merkezi konumlardaki ve genellikle yığma sistem olanları ise konak olarak adlandırılmaktadır [İleri, 2008]. Bu haliyle Boğaziçi özgün bir mimariye sahiptir ve 1983 yılında çıkarılan özel Boğaziçi Kanunu ile korunmaktadır [TBMM, 1983]. Bu kanunla Boğaziçi'nde yeni yapı yapılması büyük ölçüde yasaklanmıştır. Bir yerde özgün bir kültür varlığının, yani binanın, var olduğunun ispat edilmesi şartıyla yeniden yapılmasına izin verilmiştir. Bu sıkı önlemler Boğaziçi'ndeki yeni yapılaşma konusunda etkili bir şekilde uygulanmaktadır. Yine de Boğaziçi kıyı şeridindeki çeşitli nedenlerle kaybolmuş özgün binaların tespit edilip yeniden yapılması ve mevcut binaların da onarımları şehrin genelindeki yenileme eğiliminden etkilenmiştir ve hemen her kesiminde inşaatlar bulunmaktadır.



Şekil 1. Ortaköy Camisi Restorasyon Şantiyesi.

Şekil 2. Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı Restorasyon Şantiyesi.

Şekil 3. Kanlıca'da konut restorasyonu, ahşap.

Şekil 4. Kanlıca'da konut restorasyonu, betonarme.

Çatı, dış duvar ve döşemeden oluşan bina kabuğunda, en çok ve karmaşık performans gereksinimleri çatılardan beklenmektedir. Binayı dış ortamdan yatay düzlemde ayıran çatılar açıklık geçen, kendi karmaşık taşıyıcı sistemi olan ve üst düzey ısı, su, ses vb. performansların beklendiği tek yapı elemanıdır. Bu haliyle çatı tasarımlarının üzerinde en emek yoğun çalışılan yapı elemanı sistemi olduğu söylenebilir. Günümüzde konut ihtiyacının yarattığı baskı çatı aralarının da bağımsız veya altındaki kat ile ilişkili olarak kullanılmasını teşvik etmektedir. Ancak İstanbul'daki yasal düzenlemelere göre çatı araları sadece altındaki kat ile ilişkili olarak kullanılabilir [İBB, 2012]. Alptekin ve Kasapoğlu 2012 yılında Türkiye'deki çatı arası kullanımını yurtdışından örneklerle karşılaştırıp konuyu psikolojik, kültürel, yapısal ve ekonomik yönlerden incelemiş ve Türkiye genelinde çatı arası kullanımının teşvik edilmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır [Alptekin ve Kasapoğlu, 2012]. Çatı arasının yaşam alanı olarak kullanıldığı tasarımlarda hem taşıyıcı sistem hem de çatı katmanlaşması daha da karmaşıklaşmaktadır. Bu yazıda örnek bir restorasyon uygulamasındaki çatı sisteminin tasarımı ayrıntılı olarak incelenmiş, çatı ile ilgili U değerleri hesaplanmış ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

2. Çatı Sistemlerinin Tasarımı ve Yapımı

Binanın depreme ne derece dayanıklı olduğu, enerjiyi ne kadar etkin kullandığı ve koruduğu, kullanılan malzemelerin sürdürülebilirliği gibi özellikleri o binanın performansını belirlemektedir. Coşkun (2006) performansı "bir sistemi meydana getiren çeşitli parçaların, kullanılma sırasında, doğal ya da yapay olayların etkileri altında, özelliklerine bağlı zaman içinde gösterdiği davranış" şeklinde tanımlamaktadır. Yapı elemanı tasarımında performansların tanımlanması, öncelik sırasına konması ve bu önceliklere göre tasarımın şekillendirilmesi yaygın olarak kabul görmüş bir yaklaşımdır. Performans yaklaşımı olarak tanımlanabilecek bu yaklaşıma göre mimar:

- I. Yapı elemanına etkiyen tüm çevresel etmenleri sıralar ve bu çevresel etmenlere göre binanın ve yapı elemanın ne tür performanslar sergilemesi gerektiğine, yani özelliklerine karar verir,
- II. (Diğer yapı elemanı sistemlerinden farklı olarak) tasarımı etkileyecek öncelikli bir girdi olması nedeniyle taşıyıcı sistem ve yapım sistemi ile ilgili karar verir,
- III. İstenen özellikleri öncelik sıralamasına koyar ve önceliklere göre yapı elemanının farklı bileşenlerini, bu bileşenlerin bir araya gelişlerini, bileşenleri oluşturan katmanlaşma ile ilgili kararları vererek, tasarımını yapar,

Bu yaklaşıma göre aşağıda çatı sistemlerinden beklenen özellikler, yapı ve yapım teknikleri ve katmanlaşma incelenmiştir.

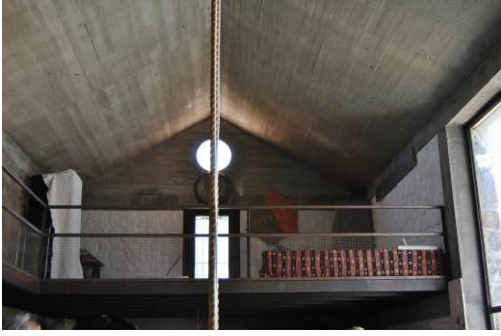
2.1. Çatı Sistemlerinden Beklenen Özellikler

Çatı sistemlerinden aşağıdaki özellikleri sergilemesi beklenmektedir:

- I. Durdurmak: Dış ortamın ısı, su, rüzgâr gibi istenmeyen etkilerinin iç ortama geçişini durdurması,
- II. Kontrol etmek: İç ortamı belirli bir konfor koşuluna getirdikten sonra bu konfor koşulunun devamının sağlanması için kontrol etmesi,
- III. Taşımak: Kendi ağırlığını ve binalara gelen kar, rüzgâr yükü gibi yükleri karşılamak ve bu gibi yükleri taşıyıcı sisteme aktarması,
- IV. "Estetik" olmak: Konumu itibari ile kullanıcının genellikle doğrudan göremediği bir yapı elemanı olmasına rağmen dış kabuğun bir bileşeni olması ve kabuğun düşey doğrultudaki bitişini tanımlaması nedeniyle estetik olması beklenmektedir.

2.2. Çatı Sistemlerinin Taşıyıcı ve Yapım Sistemi

Çatı sistemleri hemen tüm taşıyıcı sistem malzemeleri kullanılacak biçimde tasarlanabilmektedir. Türkiye'de geleneksel olarak çatılar ahşap taşıyıcılıdır. Ahşap taşıyıcılı çatılar iki temel gruba ayrılmaktadırlar; oturtma ve asma çatılar. Çatının ahşap taşıyıcı dikmelerinin "oturtulabileceği" bir döşemenin olması durumunda oturtma çatı, dikme oturtacak bir döşemenin bulunmadığı veya daha geniş açıklıkların geçilmek istendiği örneklerde asma çatı kullanılmaktadır. Ahşap çatılar genellikle yerinde yapım sistemiyle üretilmektedir.



Şekil 7. Betonarme taşıyıcı sistemli beşik çatı.



Şekil 8. Çelik taşıyıcı sistemli beşik çatı.



Şekil 9. Ahşap taşıyıcı sistemli beşik çatı.

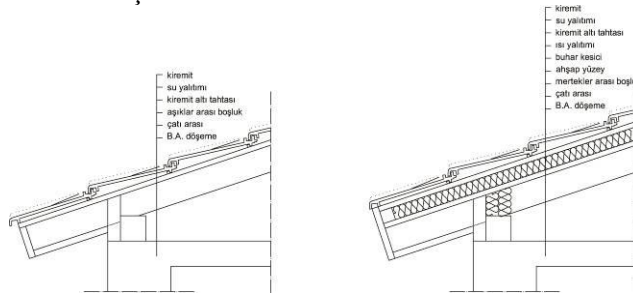
B.A. gövdeli çatı sistemleri Türkiye’de görece az kullanılmaktadır. Bu tip çatılarda çatı, eğimli döşeme plakları ile taşınmaktadır. Hem yerinde yapım hem de ön üretimli yapım yöntemiyle yapılmış örnekler bulunmaktadır. Çelik taşıyıcılı çatılar özellikle son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Tasarımları ahşap çatılar ile benzerlik göstermektedir. Aşıklardan ve merteklerden oluşmaktadır. Ancak nedeniyle genellikle mertek ve aşıklar ahşap çatıya göre ters konumlandırılmaktadır. Yani ahşap çatıda aşığın bulunduğu yer ve doğrultuda mertekler, ahşap çatıda merteklerin bulunduğu yer ve doğrultuda ise aşıklar bulunmaktadır. Avantajları daha büyük açıklıkların daha az dikme ile geçilebilmesi ve daha hızlı yapılabilmesidir. Çelik çatılar genellikle yerinde yapım sistemiyle üretilmektedir.



Şekil 10, 11. Ahşap ve çelik taşıyıcılı çatılarda aşık ve merteklerin ters doğrultuda konumlanması.

2.3. Çatı Sistemlerinde Katmanlaşma

Çatı sisteminin katmanlaşması çatı arasının kullanım şekline göre şekillenmektedir. Çatı arasının yaşam alanı olarak kullanılmadığı, dolayısıyla çatıdan beklenen özellikle ısı olmak üzere performansların sınırlı olduğu örneklerde, daha sade katmanlaşma biçimleri kullanılmaktadır. Bu tip çatılarda çatı katmanlaşması, çatı örtüsünü taşıyacak düzlem ve çatı örtüsünden oluşabilecek kadar sade olabilmekte ancak genellikle su yalıtım örtüsünü de içermektedir. Ancak bu tip çatıların binaların en üst katlarının ısı performanslarını da düşürmesinin fark edilmesi ve enerji fiyatlarının artması nedenleriyle ülkemizde 1980’li yıllardan itibaren çatının oturduğu döşemeye ısı yalıtım katmanı eklenerek ısı performans artırılmıştır.



Şekil 12 ve 13. Çatı arası kullanılmayan ve kullanılan bir binadaki basit çatı katmanlaşma modelleri.

Çatı arasının yaşam alanı olarak kullanılması durumunda çatıdan beklenen performanslar karmaşıklaşmakta ve daha karmaşık katmanlaşma biçimleri kullanılmaktadır. Bu tip çatılarda, ısı performansı arttırmak için ısı yalıtım katmanı, hem çatının su ile ilgili performansını arttırmak hem de ısı yalıtımının ıslanmasına engel olmak için su yalıtım katmanı, ısı ve su yalıtımına bağlı olarak çatı katmanlaşmasında oluşacak yoğuşmalara karşı buhar kesici katman, bu katmanları taşıyan düzlem, çatı örtüsünün bu katmanları ezmemesi için başka bir düzlem bu tip çatılarda bulunması gereken katmanlara örnek olabilir.

3. Örnek Bina

Çalışmada kullanılan örnek bina tipik bir Boğaziçi köşküdür. Şekil 14'te binanın batı yönüne bakan ön cephesi görülmektedir. Bina 1 bodrum, zemin, iki normal kat ve altındaki kat ile birlikte kullanılan çatı arasından oluşmaktadır. Tipik Boğaziçi köşklerinde olduğu gibi cephedeki büyük saydam/opak yüzey oranı dikkat çekmektedir.



Şekil 14. Örnek binanın batı yönüne bakan ön cephesi.

3.1. Yasal Düzenleme

Boğaziçi'nde yapılaşma özel yasal düzenlemelerle kontrol edilmektedir. 1983 yılında çıkarılan Boğaziçi kıyı yasasına göre belirlenen ön görünüm bölgesinde yeni yapı yapılması yasaklanmıştır. Yeni yapı ancak kamusal bir gereklilik olduğunda veya turizm amaçlıysa yapılabilmektedir. Turizm amaçlı yeni binaların yapılması için Bakanlar Kurulunun karar alması gerekmektedir. Bunların haricinde yapılaşmaya ancak özgün bir binanın bir arsada önceden var olması, bunun belgelenmesi ve bu binaya ilişkin görsellerinin bulunması halinde özgün özellikte yeniden yapılması şeklinde olabilmektedir. Bu amaçla Koruma Kurulları oluşturulmuş ve görevleri; bir binanın özgünlüğüne, o bina ile ilgili hazırlanan rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinin uygunluğuna karar vermek ve projeleri onaylamak şeklinde belirlenmiştir. Koruma kurulları bu binaları çeşitli sınıflara ayırmakta ve buna göre derecelendirmektedir. Anıtsal değeri olan, saray, cami vb. binalar 1. sınıf korunması gerekli kültür varlığı, yapıldığı dönemin özgün mimari değerlerini taşıyan, köşk vb. yapılar 2. sınıf korunması gerekli kültür varlığı olarak belirlenmektedir.

2005 yılından önceki dönemlerde koruma kurulu 2. sınıf bir binanın dış görünüşü özgün mimari özelliklerini ve malzemesini yansıtmaya şartıyla taşıyıcı sisteminin betonarme olmasına izin verirken, 2005 yılından sonra binaların taşıyıcı sistemlerinin de özgün malzemedan yapılması şartını getirmiştir. Örnek bina 2002 yılında Koruma Kurulu tarafından 2. sınıf korunması gerekli kültür varlığı olarak tescil edilmiş ve kurul ilgili projeleri onaylamıştır. Koruma Kurulu tarafından onaylanan projeler rölöve, restitüsyon ve cephe karakteri ile cephe özgün malzemesi korunarak, betonarme taşıyıcı sistemli şekilde tasarlanan restorasyon projesidir. Bu restorasyon projesine aynı yıl Boğaziçi İmar Müdürlüğü tarafından inşaat ruhsatı verilmiştir. Bu nedenle bina kurul onaylı restorasyon projesi ve inşaat ruhsatına uygun olarak özgün cephe özellikleri korunarak betonarme taşıyıcı sistemli olarak yapılmıştır.

3.2. Özgün Mimari Özellikler ve Çatı Karakteri

Örnek bina tipik Boğaziçi köşklarinin tüm özelliklerini göstermektedir. 3 katlı ahşap bir bina. Eğimli topoğrafya nedeniyle, kömür/odun deposu olarak kullanılan, kısmi bir bodrum katı bulunmaktadır. Kısmi bodrum ve temel yığma taş duvarlarla yapılmıştır. Her katta ortada yaşam alanı

olarak kullanılan, sofa ve bunun etrafında 4 oda bulunmaktadır. Ön cephe doğu-kuzeydoğu yönüne bakmaktadır. Binanın arka bahçesinde Boğaziçi köşklerinin ortak özgün özelliklerinden biri olan kuyu bulunmaktadır. Binanın cephelerinin en önemli özelliği büyük saydam/opak yüzey oranıdır. Doğramalar giyotin doğramadır ve ön ve arka cephelerdeki büyük doğramalarda karşı ağırlık (kontrpua) sistemi bulunmakta diğerlerinde ise bir açılma destek sistemi bulunmamaktadır. Ön ve kuzey yan cephesi sokak ile sifirdir ve bu cephelerde her hangi bir çıkma bulunmamaktadır. Güney yan cephesi kısmen komşu binayla bitişiktir. Doğu güneydoğu yönündeki arka cephesi ise binanın kendi bahçesine bakmaktadır ve bu cephede 1. ve 2. katlar farklı ölçülerde çıkmalar yapmaktadır. Binanın zemin üstü katları ahşap sistemdir. Ahşap dikmeler sürekli bir şekilde tüm iç ve dış duvarlarda taşıyıcı olarak sıralanmıştır. Temel taşıyıcı bileşenler, dikmeler, yastık kirişleri, çapraz destekler/payandalar, duvar açıklıklarında üst ve alt başlıklardır.

Çatı eğimi tipik Boğaziçi köşklerinde olduğu gibi %35'dir. Binanın kuzey cephesindeki kalkan duvarındaki 3 pencere çatı arasının binanın özgün halinde de kullanıldığını göstermektedir. Bu 3 pencere binadaki diğer pencerelerin aksine iki kanattan oluşan pivot pencerelerdir. Çatının taşıyıcı bileşeni birer damlalık, birer ara ve bir mahya aşığından oluşmaktadır. Her aşık yaklaşık 1,5m ara ile sıralanmış dikmeler tarafından taşınmaktadır. Aşıkların üstünde 40cm'de bir mertekler dizilmiş ve merteklerin üstü kiremit altı tahtasıyla kaplanmıştır. Kiremit olarak alaturka kiremit kullanılmıştır. Son kat tavan döşemesi kirişleri ön ve arkadan yaklaşık 50'şer cm çıkma yapacak şekilde oluşturulmuştur. Duvar hizasına damlalık aşıkları oturtulmuş ve mertekler ile tavan kirişlerinin kesişim noktası çatı/saçak sınırını oluşturmuştur. Saçağın taşınmasında tavan kirişlerine yardımcı olmak için dışarıda binanın cephesinden küçük payandalar çıkartılarak kirişler desteklenmiştir. Yağmur iniş sistemi çinko oluklar ve yağmur iniş borularından oluşmaktadır. Yağmur iniş boruları ön ve arka cephelerde binanın köşelerine yakın noktalarda yer almaktadır ve zemin kotuna yakın yerlerdeki pik borulara bağlanmaktadır. Çatının her iki eğiminde de birer ateş bacası bulunmaktadır. Bacalar sıva ile kaplanmıştır. Bu bacaların etekleri çinko ile kaplanmış, çatıları da yine alaturka kiremitle örtülmüştür.

3.3. Restorasyon Sonrası Mimari Özellikler ve Çatı Karakteri

Binanın cephe karakteri özgün halinin aynısı olacak şekilde yapılmıştır. Ahşap kaplama, ahşap doğramalar şekil ve büyüklük itibari ile özgün hali ile aynıdır. Ancak detaylarda farklılıklar bulunmaktadır. Cephenin opak bölümü gaz beton üzeri kara sıva duvar gövdesi, ahşap latalar arasında taş yünü, su yalıtım örtüsü ve ahşap kaplama şeklinde detaylandırılmıştır. Doğramalar şekil ve büyüklük olarak aynıdır ancak şeffaf bileşen çift camlı olacak şekilde detaylandırılmıştır. Ayrıca özgün halinde sadece cephenin orta kısmındaki büyük doğramalarda bulunan karşı ağırlık (kontrpua) açılma sistemi, yenilemede tüm doğramalarda yaylı kaldıraçlar olacak şekilde yapılmıştır.

Çatı biçim ve büyüklük olarak özgün çatıyla aynı yapılmıştır. Temel ve büyük farklılık taşıyıcı bileşeniyle ilgilidir. Yeni çatı çelik taşıyıcılı olarak yapılmıştır. Bu taşıyıcı her iki yönde birer damlalık ve birer ara aşıktan oluşmakta ve mahya aşığı bulunmamaktadır ve bu haliyle çatı arasında en çok temiz açıklık elde edilmiştir. Özgün çatıda damlalık aşığının bulunduğu yerlere kısa betonarme parapet duvarları yapılmış ve çelik merteklerin bu parapet duvarına kaynatılabilmesi için küçük kesitli bir kutu profil sabitlenmiştir. Bu haliyle damlalık aşığının parapet duvarının kendisi olduğu söylenebilir. Yine en geniş çatı arası alanını yaratabilmek için damlalık aşığının yakınına (statik hesaplamalar sonucunda en uygun yere) ara aşık yerleştirilmiştir. Ara aşık dört noktada betonarme döşeme üzerine sabitlenen çelik levhaların üzerine oturtulmuştur. Mertekeler her iki yönde tam karşılıklı olarak dizilmiş ve mahya hizasında açısına göre kesilerek sürekli kaynakla aralarına konan çelik levhaya kaynaklanarak birbirlerine doğrudan yük aktarmaları sağlanmıştır.



Şekil 15. Yeni çatı bütünsel görünüş

Şekil 16. Yeni çatı aşık – mertek birleşimi ve düşey taşıyıcı detayı

Şekil 17. Merteklerin kafa kafaya bir çelik levha arayüzünde birleşimi ve yanal stabilite için kutu profillerle desteklenmesi

Çatının katmanlaşması ise şu şekildedir: merteklerin üzeri ahşap yonga levha ile kaplanmış, merteklerin tam üzerine 5x10cm'lik kalaslar dizilmiş ve matkap uçlu vidalarla çelik merteklere sabitlenmiştir. Bu kalasların arasına önce buhar kesici örtü, üzerine 150kg/m³ yoğunlukta 5 cm kalınlığında taş yünü konulup üzeri buhar geçirgen su yalıtım örtüsü ile kaplanmıştır. Kalasların üzeri tekrar ahşap yonga levha ile kaplanarak kiremitlerin dizilmesi için uygun düzlem oluşturulmuştur. Alaturka kiremitin yüksek m² ağırlığı göz önünde bulundurularak m² ağırlığı alaturka kiremidin yarısı olan ve görünüş itibarıyla alaturka kiremite benzeyen bir kiremit kullanılmıştır. Yağmur oluğu ve iniş borusu özgün ile şekil olarak aynı olarak yapılmıştır ancak özgün malzeme olan çinko yerine bakır tercih edilmiştir.

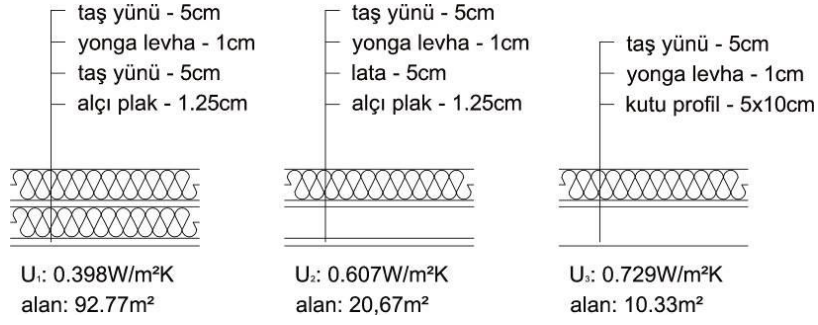
Çatı arasına gün ışığı girişini sağlayan kalkan duvarındaki doğramalar aynen yapılmıştır. Bunun yanında homojen bir şekilde aydınlatma ve havalandırma sağlamak amacıyla her iki yönde de çatı pencereleri kullanılmıştır. Bunlar çatı eğimi ile aynı eğimde takılan ve dışarıdan çatının bütünlüğü ve eğimini etkilemeyen çatı pencereleridir. Özgün iki bacaya ek olarak bir üçüncü havalandırma bacası oluşturulmuştur. Bacalar dıştan harman tuğlasıyla kaplanmıştır. Her üç bacasında etekleri özgün biçime uygun ve bakır ile yapılmıştır. Bacaların çatıları özgün biçimdeki gibi alaturka kiremit ile yapılmıştır.

4. Çatı Sisteminin Performans Değerlendirmesi

Çatı sistemi ile ilgili performans değerlendirmesi 3 başlık altında yapılacaktır; ısı performans, su ile ilgili performans ve görsel etki ve işçilik ile ilgili değerlendirme. Değerlendirmeler ilk olarak hesaplama düzeyinde, ikinci olarak yapım sürecinde yapılan gözlemler düzeyinde ve son olarak kullanım sırasında yapılan gözlemler düzeyinde ele alınacaktır.

4.1. Isıl Performans

Çatı yüzeyi 3 farklı detaydan oluşmaktadır. İlkinde kiremit, havalandırma boşluğu, buhar geçirgen su yalıtımı, taş yünü, yonga levha, taş yünü ve alçı plak bulunmaktadır. Bunun U değeri 0,398W/m²K ve toplam alanı da 92,77m²'dir. İkinci bölümde ilkinden farklı olarak iç taraftaki taş yünü yerine merteklerin her iki yanında bulunan ve alçı plağı taşımak için merteklere vidalanmış lata bulunmaktadır. Bunun U değeri 0,607 W/m²K ve toplam alanı da 20,67m²'dir. Son bölüm ise merteklerin bulunduğu bölümdür. Bunun U değeri 0.729W/m²K ve alanı da 10.33m²'dir. Sonuç olarak sistemin ortalama U değeri 0.46W/m²K olarak tespit edilmiştir (TSE, 2008).



Şekil . Örnek çatının 3 farklı bölümünün katmanlaşması, U değerleri ve alanları.

Yapım sürecinde ısı yalıtımı projeye uygun olarak yerleştirilmiştir. Riskli 2 nokta dikkat çekmiştir. İlk nokta merteklerin üzerindeki kalasların görece ısı köprüsü olmasıdır. İkinci nokta ise parapet duvarı ile merteklerin birleşim noktasının taş yünü parçalarının boşluklara “tıkılması” sırasında boşlukların ve dolayısıyla ısı köprülerinin kalmasıdır.

4.2. Su ile İlgili Performans

Çatı sisteminde standart 2 aşamalı su yalıtım sistemi tasarlanmıştır. İlk aşama kiremit çatı örtüsüdür. Seçilen kiremit aksesuarları ile birlikte geçirimsiz bir yüzey oluşturmak için uygundur, ayrıca TS3457 standardına uygun olarak üretilmiş bir kiremit olmasına dikkat edilmiştir. Baca etekleri ve yan saçaklar bakır ile kaplanacak şekilde tasarlanmış, çatı pencerelerinin çevresi ise üretici firmanın özel etek profili ile bitirilmiştir. İkinci aşama su yalıtımıdır. Çatı sistemi havalandırmalı bir sistem olarak tasarlanmıştır bu nedenle kiremitlerin altından hava geçmesine izin verecek bir detay oluşturulmuştur. Bu havalandırma katmanının altında buhar geçirgen su yalıtım örtüsü düşünülmüş ve bu sayede ısı yalıtımında oluşabilecek su buharının dışarı atılabilmesi hedeflenmiştir. Isı yalıtımının altında ise buhar kesici bir örtü kullanılarak iç ortamın şartlanmış havasının dışarıya kaçmasının ve/veya ısı yalıtımında yoğunlaşarak performansını düşürmesinin önün geçilmesi hedeflenmiştir.

Yapım sürecinde su yalıtım örtüsünün birleşim noktaları riskli bölge olarak öne çıkmaktadır. Bu ek yerleri kendinden yapışkanlı olarak üretilmiştir. Ancak uygulama sırasında özellikle kiremit altı tahtası yerine kullanılan yonga levhanın kesilmesi nedeniyle bol miktarda ahşap tozu oluşmuştur ve bu tozun kendinden yapışkanlı bandın işlevini yerine getirmesini zorlaştırabileceği düşünülmektedir. Bunun yanında özellikle çatı pencerelerinin çevresindeki etek profili ile kiremitlerin birleşim noktaları riskli ikinci bölge olarak gözlemlenmiştir. Burada kesilen kiremitler ile etek profili arasındaki düşey mesafe kiremit sırasına göre farklılık göstermekte ve bu mesafenin fazla olduğu noktadan yağmur suyunun çatı sisteminin alt katmanlarına geçebilmesi ihtimali bulunmaktadır. Baca etekleri de riskli üçüncü bölge olarak gözlemlenmiştir. Bacanın etrafındaki harman tuğlaları, bakır etek ve kiremitler birbirlerinden çok farklı çalışan malzemeler olması nedeniyle sorunlara neden olabileceği öngörülmüştür.

Kullanım aşamasında çatıda su ile ilgili ciddi bir olumsuzluk yaşanmamıştır. Yapım aşamasında öngörüldüğü gibi çatı pencerelerinin birinden çok az bir yağmur suyu geçişi olmuş. Bu noktadaki kiremit daha büyük boyutlu kesilen yenisiyle değiştirilmiştir. Baca dibinde çatının iç yüzeyinde az miktarda küf oluşumu gözlemlenmiştir. Ancak yoğunlaşmaya bağlı mı yoksa su kaçağına bağlı bir küf oluşumu mu olduğu tespit edilememiştir. Son olarak da yağmur olduğundan su şiddetli bir yağmurda taşma yapmıştır. Bu durumun sebebi olarak oluk ile yağmur iniş borusunun birleşim noktasında yaprak kaynaklı bir tıkanıklık olduğu tespit edilmiştir. Tıkanıklık açıldıktan sonra tüm iniş deliklerine plastik örümcekler konarak sorunun tekrar etmemesi sağlanmıştır.

4.3. Görsel Etki ve İşlevsellik ile İlgili Performans

Boğaziçi'nin eğimli topoğrafyası nedeniyle binaya doğu yönünden yaklaşırken binanın çatı yüzeyi görünmekte ve bu durum görsel etki ile ilgili performansta çatıyı da belirleyici bir konuma getirmektedir. Çatı sistemi dış görünüş itibari ile aslına uygun şekil ve boyutta tasarlanmıştır. Özgün çatı tasarımıyla arasında kullanılan kiremit tipi, çatı pencerelerinin varlığı ve bacaların çatı üstündeki kısmının kaplaması açısından farklılıklar bulunmaktadır. Görsel etki açısından değerlendirildiğinde kiremit tipinin farklılığı performans üzerinde olumsuz bir etki yaratmamaktadır. Özgün halindeki alaturka kiremit çatıya yuvarlak, kavisli bir yüzey etkisi kazandırmaktadır. Kullanılan kiremit farklı tipte olmasına rağmen aynı yuvarlak, kavisli yüzey etkisini kullanılan kiremit ile de kazandırılmıştır. Çatı pencerelerinin varlığı görsel etki açısından kısmi bir etki yapmaktadır çünkü çatı ile aynı eğim ve yüksekliktedir. Sadece çatının doğu yönündekiler kot farkı nedeniyle kısmen görülebilmektedir. Ancak bu yöndeki çatı pencereleri küçük boyutludur, 55x70cm ve bu nedenle görsel etkiyi sınırlı olarak etkilemektedir. Ancak görünen doğu yönünde çatı kaplama bütünlüğünü bozması nedeniyle görsel etki açısından olumsuz olduğu söylenebilir. Bacaların çatı üstündeki bölümlerinin kaplama malzemesinin özgün sıvadan, harman tuğla olacak şekilde değiştirilmesi görsel etkiyi etkilemektedir. Bacalar sokak kotundan da kısmen görülebilmektedir. Harman tuğla özgün binada olmamasına rağmen çağdaşlarında kullanılan özgün bir malzemedir. Bu nedenle binanın bütünü düşünüldüğünde görsel etki ile uyumludur ve kullanılmasının olumlu olduğu söylenebilir.

İşlevsellik açısından yapılacak değerlendirme çatı arasının kullanımı ile ilgilidir. Çatı arası oldukça etkin bir şekilde kullanılan bir mekân olmuştur. Çatının taşıyıcı bileşeninde mahya aşığının olmaması çatı kullanım alanının maksimum yüksekliğini, parapet duvarlarına yakın konumdaki ara aşıklar ise maksimum genişliğini arttırmıştır. Özgün çatıda sadece kuzey cephesindeki 3 pencereden ışık alan çatı arasının çatı yüzeyine yerleştirilen toplam 7 adet çatı penceresiyle homojen bir şekilde aydınlanmıştır ve bu durum çatı arasının işlevselliğini arttırmaktadır. Ara aşıklarla parapet duvarları arasında kalan mekanlar ancak depo alanı olarak kullanılabilir niteliktedir.

5. Sonuçlar

Türkiye ve özellikle İstanbul'daki yoğun yeni konut talebi binaların yaşam alanı olarak kullanılabilir her bölümünün kullanıma kazandırılmasını desteklemektedir. Bu kapsamda çatı araları da gündün güne yaşam alanı olarak tasarlanarak bina kullanım alanına dâhil olmaktadır. Benzer bir durum İstanbul'daki tarihi binaların yenilenmesi sırasında da karşımıza çıkmaktadır. Bu binaların çatı araları genellikle altındaki kat ile birlikte kullanılacak şekilde tasarlanmaktadır. Ancak bu yeni işlev çatılardan beklenen performansların sayıca ve düzey olarak da artmasına neden olmaktadır. Yazıda 2012 yılında tamamlanmış bir yenileme projesinin çatı arası ve çatı konstrüksiyonu incelenmiştir. Örnek bina hem yapım sürecinde gözlenmiş hem de kullanım sırasında gözlenerek ve kullanıcılar ile yapılan görüşmeler ile ayrıntılı bir inceleme yapılmıştır. Isıl ve su ile ilgili performans tasarım kararları, yapım süreci ve kullanım başlıklarında incelenmiştir ve

- Isıl performansının tasarım sırasında hedeflenen değerde olduğu,
- Çatı aralarının ısııl açıdan İstanbul koşullarında yaşama elverişli bir şekilde tasarlanabileceği,
- Su ile ilgili performansın düzeltilebilecek nitelikteki bir iki aksaklıkla birlikte tasarım sırasında hedeflenen değerde olduğu,
- Yoğuşma probleminin çatı tasarımlarını etkileyen önemli bir etmen olduğu ve özellikle çatının bütünselliğinin bozulduğu baca çıkışı gibi noktalarda uygulamaya ekstra dikkat gösterilmesi gerektiği, sonuçlarına ulaşılmıştır.

Görsel etki ve işlevsellik ile ilgili performans ise hem kullanıcıların değerlendirmesi hem de kişisel değerlendirme ile incelenmiştir ve

- Çatı aralarının yaşam alanı olarak kullanılması İstanbul gibi konut talebinin fazla olduğu bir bölge için olumludur.
- Çatının taşıyıcı sisteminin yenilikçi anlayışlarla ele alınması sonucunda taşıyıcı bileşenlere ayrılan alanlar minimumda tutularak daha geniş çatı arası alanı yaratılabilmektedir.

- Çatı pencereleri çatının bütünselliğine minimum etki ederek aydınlık düzeyini arttırmakta ve çatı arası kullanımını olumlu olarak etkilemektedir.

Sonuç olarak, çatı aralarının kullanılması atıl bir mekânın kullanıma katılması anlamında olumludur. Çatının hem yapı elemanı olarak hem de taşıyıcı bileşeninin bir arada yenilikçi bir şekilde tasarlanmasıyla hem fiziksel, hem de görsel ve işlevsel performansı yüksek çatı araları tasarlanabilecektir.

Kaynaklar

1. **Ağat, N.** 1963, Boğaziçi'nin Turistik Etüdü, İTÜ, İstanbul
2. **Alptekin, G. Ö. Ve Kasapoğlu, E.,** 2012, Konutlarda Çatı Arası Mekanlarının Kullanıma Katılması, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12 – 13 Nisan 2012, www.catider.org.tr, 30.01.2014
3. **Coşkun, K.** 2006, Çatı Sistemleri İle İlgili Performans Gereksinimleri, 3. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 17 -18 Ekim 2006, www.catider.org.tr, 30.01.2014
4. **Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,** 2013, İstanbul İlindeki Riskli Yapı Başvuru Sayısı ve Yıkılan Riskli Yapı Sayısında Son Durum, Ankara, <http://www.csb.gov.tr/>, 30.01.2014
5. **İBB,** 2007, İstanbul İmar Yönetmeliği, İBB, İstanbul
6. **İleri, S.** 2008, İstanbul'un Tramvayları Dan Dan, Doğan Kitap, İstanbul
7. **TBMM,** 2012, Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, T.C. Resmi Gazete, Ankara
8. **Sakaoğlu, N.** 2012, Yalı nedir, sadece Boğaziçi kıyısındaki evlere mi denir?, NTV Tarih, 46. Sayı, NTV Yayınları, İstanbul
9. **TBMM,** 1984, Boğaziçi Kanunu, T.C. Resmi Gazete, Ankara
10. **TSE,** 2008, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TSE, Ankara

Geleneksel Ahşap Yapıların Özgün Çatı ve Cephe Detaylarının Bursa Görükle Köyü Örneklerinde İncelenmesi

Özlem KÖPRÜLÜ BAĞBANCI¹
M.Bilal BAĞBANCI²
Elif ACAR BİLGİN³

Konu Başlık No: 8 Tarihi Yapılarda Çatı ve Cepheler

ÖZET

Yöresel mimariye karakterini veren bileşenlerden biri geleneksel yapım teknikleri, taşıyıcı sistem özellikleri ve kullanılan yapı malzemeleridir. Yörede bulunan, kolay ulaşılabilir, üretimi ekonomik, yenilenmesine olanak sağlayan yapı malzemelerinin kullanımı yörenin mimarisine bir özgünlük kazandırmıştır. Malzeme ve yapım tekniklerinin yanısıra yapıların mimari özelliklerini etkileyen diğer bir önemli unsur yapıların ne amaçla kullanılacakları yani üretim biçimleridir.

Yaklaşık 20 yıl öncesine kadar yapılan ipek böcekçiliği ve tütüncülük Görükle'nin kırsal mimarisini etkilediği gibi, yöresel malzeme kullanımı da bu işlevler için gereken fiziksel ortam koşullarının oluşmasına katkı sağlamıştır.

Bu bildiriye, 19.yy sonuna tarihlenen Görükle'nin eski köy merkezi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Görükle'de bulunan sivil mimarlık örneği yapıların çatı ve cephe özellikleri, kullanılan malzemeler, yöreye özgü yapım teknikleri ve taşıyıcı sistem özellikleri ele alınmış, bu yapıların korunması ve geleceğe aktarılması için önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER

Ahşap Karkas Taşıyıcı Sistem, Çamur sıva, Kalamut, Kamış.

¹ Doç.Dr.Özlem Köprülü BAĞBANCI Uludağ Üniv. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Görükle Kampüsü, Bursa. Tel: 0 224 294 21 41 - 0 541 823 39 42, Faks: 0 224 294 21 28, ozlemkoprulu@yahoo.com

² Yrd.Doç.Dr.M.Bilal BAĞBANCI Uludağ Üniv. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Görükle Kampüsü, Bursa Tel: 0 224 294 21 47 - 0 545 477 72 21, Faks: 0 224 294 21 28, bilalbagbanci@yahoo.com

³ Arş.Gör.Elif ACAR BİLGİN Uludağ Üniv. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Görükle Kampüsü, Bursa. Tel: 0 224 294 21 40 - 0 530 614 94 86, Faks: 0 224 294 21 28, acarelf@gmail.com

1. Giriş

Eski bir Rum köyü olan *Görükle*, Rumca'da "Yeşil Tepe" anlamında olup isminin Bizans kaynaklarında geçen Kouboukleia'dan geldiği belirtilmektedir. Bizans kaynaklarında, bölgede 1304'lü yıllarda Türklerin saldırılarıyla karşılaştığı ve köylülerin 1305 yılında Lopadion'da (Uluabat) bulunan Bizanslı komutan Makrenos'tan yardım isteğinde bulunduğu dair bilgiler yer almaktadır. 16.yy Osmanlı kayıtlarında ise Kite Kazası'na bağlı "Görükli" Köyü olarak geçmekte ve II. Murad ile I. Mehmet'in vakıf köyü olduğu bilinmektedir. 1907 tarihli Hüdavendigâr Vilayeti Salnamesi'ne göre Müslüman ve Hristiyan nüfusun bir arada yaşadığı Görükle'de 219 hane olduğu anlaşılmaktadır. Kurtuluş Savaşı sonrasında Yunanistan'ın Langaza ilçesinin Sufa, Kaval, Evca ve Beyran köylerinden gelen göçmenler ile Kavalalı Pomaklar köye yerleştirilmiştir [1]. Görükle'den göç eden Rum nüfus ise Yunanistan'da Kavala kenti yakınlarında "Nea Kouboukleis" (Yeni Görükle) adıyla bir yerleşim kurmuştur[2]. Cumhuriyet sonrasında giderek gelişen Görükle köyüne Uludağ Üniversitesi Yerleşkesi'nin kurulması ile ticari ve kültürel önemi daha da arttırmıştır.

2. Görükle'nin Konumu ve Tarihsel Gelişimi

Bursa'nın Nilüfer ilçesinde yer alan Görükle, kuzeyde transit çevreyolu, güneyde Bursa-İzmir karayolu, doğuda Uludağ Üniversitesi yerleşkesi, batıda İrfaniye mahallesi ile çevrilidir (Resim 1). 1957 yılında belediyesi kurulan ve belde belediyelerinin kapatılmasından sonra 2009'da 7 mahallesiyle (Büyükbalıklı, Dumlupınar, Gökçeköy, İrfaniye, Kurtuluş, Sakarya, Zafer) beraber Nilüfer ilçesine bağlanan Görükle, bölgedeki en eski yerleşimlerden biridir [2]. Sakarya ve Dumlupınar mahalleleri köy merkezini oluşturmaktadır (Resim 1).



Resim 1. Görükle Köyü ve UÜ Yerleşkesine ait hava fotoğrafı [3]

Eski bir Rum köyü olan *Görükle*, Rumca'da yeşil tepe anlamındadır. Bu isim de aslında Bizans kaynaklarında geçen Kouboukleia'dan gelmektedir. Bu köy, II. Murad ile I. Mehmet'in vakıf köyüdür. Bizans kaynaklarında, bölgenin 1304'e doğru Türklerin saldırılarıyla karşılaştığı ve 1305'te Lopadion'da (Uluabat) bulunan Bizanslı komutan Makrenos'tan yardım isteminde bulduklarına ilişkin bilgiler yer almaktadır. 16.yy Osmanlı kayıtlarında Kite Kazası'na bağlı "Görükli" Köyü olarak geçmektedir. Osmanlı döneminde Müslüman ve Hristiyan nüfusun bir arada yaşadığı Görükle'de 1907 tarihli Hüdavendigâr Vilayeti Salnamesi'ne göre köyde 219 hane bulunduğu ve Görükle'de ipekböceği üretiminin yapıldığı bilinmektedir.

Bursa'da yüzyıllardan beri yaşamakta olan Rumlar merkeze, köylere ve çevre ilçelere yerleşmişlerdir [1]. Mübadele öncesi Bursa'da yaşayan Rumların bıraktığı arazilerin çoğu zeytinlik, dutluk ve bağlıktır. Yunanistan ve Makedonya'da ovalarda yaşayan ve Bursa'ya gelen çiftçilerin bir kısmı tütün yetiştirmekte olup, Bursa'daki tütüncülüğün gelişmesine ve bu alanda Bursa'nın büyük bir potansiyele sahip olmasına yardımcı olmuşlardır (Resim 2). Aynı zamanda zeytinciliği ve kozacılığı Bursa'da öğrenen göçmenler bu üretim dallarını da geliştirmişlerdir [4].



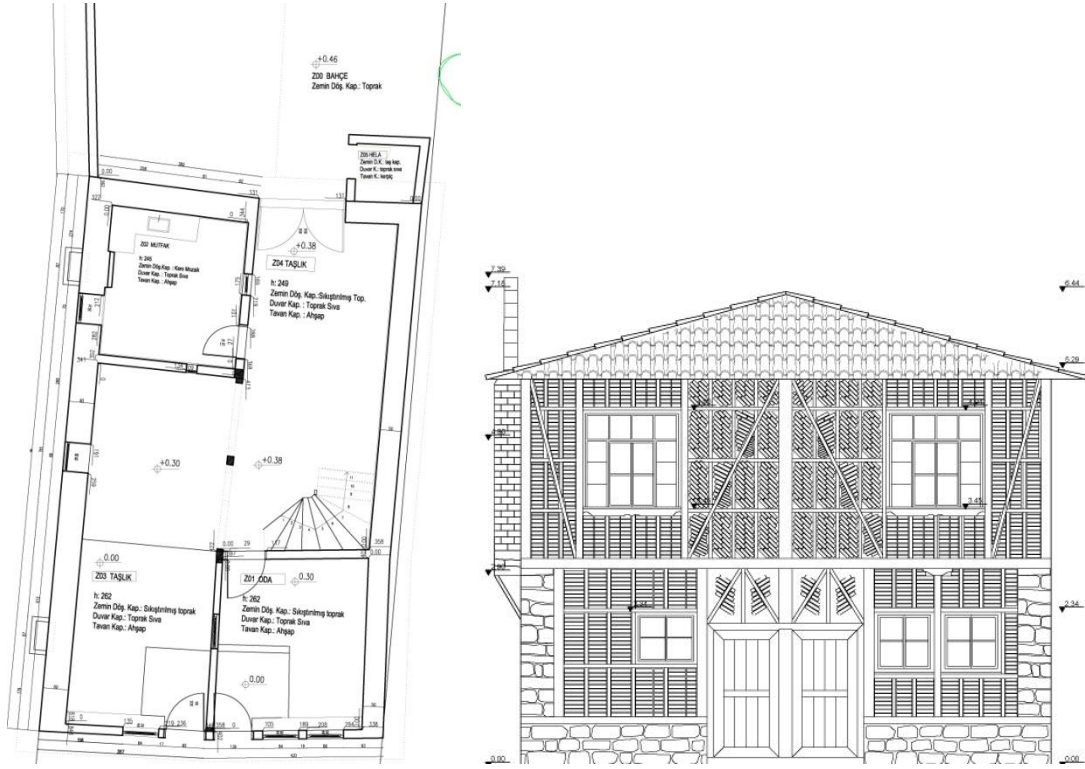
Resim 2. Tütün yetiştiriciliği yapılan konutlar [5]

3. Mimari Özellikler

3.1. Plan Özellikleri

Türk Evi plan tipolojisine göre Görükle'deki konutların dış sofalı veya orta sofalı plan tipindedir. Binaların zemin katları bahçe ile ilişkilidir. Islak mekanlar zemin katlarda; odunluk, ahır gibi servis mekanları bahçede bulunmaktadır.

Konutların inşa edildikleri dönemde Görükle'de ipek böceği yetiştirildiğinden dolayı sofalar ve odalar büyüktür. Zemin katta tütün kurutulan odalar bulunmaktadır. Bu odalara yapının içinden girilebildiği gibi bahçeden ayrı bir girişle de ulaşılabilmektedir (Resim 3,4,5).



Resim 3,4. 5372 Ada 8 Parsel, Zemin katta tütüncülük için kullanılan odalar [6]



Resim 5. 5372 Ada 8 Parsele ait eski fotoğraf [5]

3.2. Geleneksel Yapım Teknikleri ve Taşıyıcı Sistem

Yapılar genellikle zemin kat+1 kat olmak üzere 2 katlıdır. Rum evleri içinde 3 katlı olan yapılar da bulunmaktadır. Duvarlar ahşap karkas arası dolgu tekniğinde inşa edilmiştir. Ahşap elemanlar geçmeli olup mihlar yardımıyla birleştirilmiştir (Resim 6,7) [7].

7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul



Resim 6, 7. Ahşap dikme ve kiriş birleşim detayı
5292 ada 1 parsel / 5382 ada 2 parsel [7]

Dolgu malzemesi yapıldıkları döneme göre farklılık göstermektedir. Rumlardan kalma binalarda tüm katlar moloz taş dolguludur. Mübadele sonrasında göçmenlerin yaptıkları binalarda ise zemin katlar ahşap hatıllı moloz taş duvar, 1.katlar tuğla dolgu ahşap karkas duvardır. Zemin katın taş yığma, 1.katın taş dolgu olduğu örnekler de vardır. Taş dolgu ahşap karkas duvarlarda yer yer onarımlar yapılarak dolgu malzemesinin tuğla ile değiştirildiği gözlemlenmiştir (Resim 8-11).



Resim 8, 9. 5384 Ada 5 Parsel - 5291 Ada 1 Parsel



Resim 10, 11. 5282 Ada 3 Parsel - 5382 Ada 1 Parsel

Görükle'deki sivil mimarlık örneği yapıların çatı örtüsü ve çatı döşemesi (son kat tavanı) yapımında da yöreye özgü kalamut kullanılmıştır. Ahşap çatı makaslarının üzerine çıtalarla ızgara sistem oluşturulmuş, bunun üzerine de kalamut serilmiş ve çıtalara sabitlenmiştir. Kalamutların üstü kerpiç harç ile sıvanmış ve alaturka kiremit ile döşenmiştir (Resim 12,13).

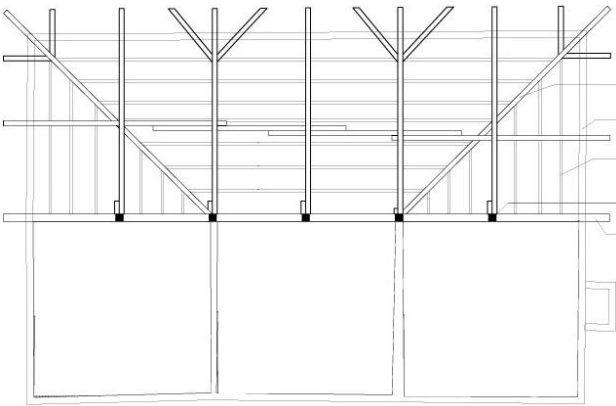


Resim 12,13. 5292 Ada 1 Parsel - 5373 Ada 5 Parsel [7]

Üst kat tavalarda ise kalamutlar çatı makaslarının altına çakılan latalara sabitlenmiştir. Kalamutların üzeri kerpiç sıva ile sıvanmış, üzerine kireç badana yapılmıştır (Resim 14). Üst kat sofalarda tavan olmayıp ahşap çatı sisteminin görüldüğü örnekler de vardır (Resim 15, 16).



Resim 14 Kalamut tavan kaplaması örneği



Resim 15. Görükle İnak Sokak No:5'teki evin 1.kat tavan planı [6]



Resim 16. Aynı yapının üzeri toprak ile örtülmüş çatı döşemesi

Bacalar yapım sistemi olarak yöreye özgüdür. Bacalar yapıların dış cephesinde çıkma şeklinde düzenlenmiş, ahşap payandalar yardımıyla duvara taşınmıştır. Tuğlalar dikine örülerek desenli bir görünüm elde edilmiştir. Nadir de olsa taş bacalara rastlanmaktadır. Özgün bacalarda sıva yoktur. Yapılan onarımlar sonucu bacaların sıvandığı ve yapısal nedenlerden dolayı altının taşla örülerek zemine oturtulduğu görülmüştür (Resim 17-20).



Resim 11-14. Taş ve Tuğla Baca Detayları.

5341 ada 17 parsel / 5291 ada 1 parsel / 5284 ada 5 parsel / 5292 ada 1 parsel [7]

4.Sonuç ve Öneriler

Osmanlı mimarisinde önemli bir yere sahip olan geleneksel sivil mimarlık örneklerinde görülen tasarım özellikleri, malzeme kullanımları rasyonel çözümler sunmaktadır. Bütüncül planlama anlayışıyla tasarlanan bu yapılar günümüzde mimar ve mühendislere yol gösterici çok önemli detaylara sahiptir. Bu yapıların gelecek kuşaklara en iyi şekilde aktarılabilmesi bu detayların bilinmesine bağlıdır. Zamanında yapılan bakım ve onarımlar bu yapıların mevcut halleri uzun yıllar ayakta kalmalarını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- [1] KAPLANOĞLU, R. (2001) Bursa Ansiklopedisi I (Yer Adları), Avrasya Etnoğrafya Vakfı Yayınları, İstanbul, TÜRKİYE
- [2] ANONİM (2011) Bursa'nın Nilüfer'i, Nilüfer Belediyesi Yayınları, Bursa, TÜRKİYE
- [3] Google Inc. (2014) Google Earth.
- [4] KAPLANOĞLU, R. (1999) Bursa'da Mübadele (1923-1930 Yunanistan Göçmenleri), Avrasya Etnoğrafya Vakfı Yayınları, İstanbul, TÜRKİYE
- [5] Yorgos Kotzaeridis fotoğraf arşivi
- [6] Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü 2010-2013 Tarihi Yapı Çözümleme Dersi Öğrenci Çizimleri
- [7] Köprülü Bağbancı, Ö., Acar Bilgin E., Bursa, Görükle Köyünde bulunan sivil mimarlık örneği yapıların yapım teknikleri açısından incelenmesi, 4. Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 27-29 Kasım 2013, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, (2013).

Konutlarda Çatının İç Mimariye ve Mekan Tasarımına Yansıması ve Çatı Katı Örneği

H. Tonguç Tokol¹

Konu Başlık No: 5 Çatı ve Cephe Sistemlerinde Görsel Etki

ÖZET

Konut iç mimarisinde mekan tasarımının sınırları, genellikle prizmatik ve prizma türevi hacimlerdir. Düşey sınır unsurları olan duvarlar ve yatay sınırlar olan döşeme ve tavan konuttaki yaşam, kullanım ve sirkülasyon alanlarını belirlemektedir.

Konutta bulunan temel fonksiyonlar olan yaşam ve yemek çevresi, yatma çevresi ile ıslak hacimler kendi içlerinde ve birbirleriyle olan ilişkilerinde genellikle dik açılı bir geometriye sahiptir. Normal katlarda, büyük çoğunlukta böyle bir hacimsel yapıya sahip olan konutlarda, yapının dış kabuk özelliklerini biçimsel olarak iç mekana yansıtan unsurların başında pencere boşlukları gelmektedir. Bununla beraber bazı taşıyıcı elemanlar, nişler, kapılar, merdiven ve şömine gibi sabit yapı içi unsurları iç mimari projelerde özellikle yerleşim planlaması aşamasında çıkış noktası olabilmektedir.

Çatılar, yapının belirgin mimari özelliklerini, gerek eğim gibi biçimsel, gerekse konstrüksiyon gibi teknik özellikleri ile iç mekana taşıyan önemli yapı elemanlarıdır. Çatı tasarımları ile öne çıkan ve bu etkiyi görsel olarak iç mimariye taşıyan çeşitli amaçlara yönelik yapılar bulunmaktadır. Çok katlı konutlarda ise çatının iç mekan ile ilişkilendirildiği hacim çatı katlarıdır. Normal katlar için burada yapılan hacimsel tanımlamalar ile çatı katları, aralarında farklılıklar göstermektedir. Çatı formunun iç mekana yansıması, yerleşimden yapı içi elemanlarına kadar etkili olmakta ve iç mimariye görsel ve duyuşsal olarak katkıda bulunmaktadır.

Bildiride, çatı katı örneği üzerinde, çatının iç mimariye ve mekan tasarımına yansıması ele alınacak, konu görsel örneklerle zenginleştirilerek sunulacaktır.

ANAHTAR KELİMELER

İç mimari, konut, mekan tasarımı, çatı katı.

¹ Öğr. Gör. H. Tonguç Tokol, Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık Bölümü Acıbadem, Kadıköy, İstanbul, 0216 326 26 67, 0216 339 18 83, tonguc.tokol@marmara.edu.tr

GİRİŞ

Duvarlar, döşeme ve tavanın sınırladığı hacim yaşamsal olarak çeşitli işlevlerin içinde gerçekleşeceği en yalın mekanı oluşturmaktadır. Mekanın işlevine ve amacına göre, dikey sınır unsurlarının çevrelediği alanın boyutları değişebilmekte, biçimsel olarak gelişme gösterebilmekte, kendi içerisinde bölünebilmekte veya çoğalabilmektedir. Mekanı oluşturan bu alanı örten, yatayda yükseklik sınırını ve hacmi belirleyen çatı örtüsüdür. Çatı örtüsünün formu ise alan olarak mekanı sınırlayan dikey unsurlarla olan ilişkisine ve buradan çıkışla iklimsel şartlara göre değişim göstermektedir. Güneş, yağmur, kar ve rüzgar gibi doğal etkenlere karşı koruma sağlayan yapının dış kabuğunun oluşumunda çatı, işlevi nedeniyle öncelikle teknik olarak çözümlenmektedir. Tasarım açısından bakıldığında çatı biçimi, yapının kimliğinin belirlenmesinde estetik olarak öne çıkan bir değer olmaktadır. Çatı formuyla tanınan birçok önemli mimari eser bulunmaktadır (Şekil 1). Bu bağlamda dış kabuğun iç mekanda algılanması, dolayısıyla dış kabuktaki mimari yaklaşımının iç mekana taşınması çabası durumunda da çatı formu etkin bir rol oynamaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Çatı formu ile öne çıkan Sidney Opera Binası [1]



Şekil 2. Dış kabuğun iç mekana yansımada çatı formunun etkin rol oynadığı Ronchamp Şapeli [2]

Konutlarda ise çatı formunun iç mekana olan görsel etkisi yoğun bir şekilde çatı katlarında yaşanmaktadır. Teknik olarak yapının bulunduğu coğrafyaya göre farklılıklar gösteren çatı yapısı iç mekânın tasarımı açısından bağlayıcı bir etken olmakla beraber hacmin tasarımına bir anlamda da çıkış noktası olarak katkıda bulunmaktadır. Fiziksel olarak bakıldığında mekanı örterek çeşitli dış etkilerden korumak gibi yapısal bir işlevi olan çatı, bu fonksiyonu nedeniyle soyut olarak da korumayı,

güveni ve bir araya toplmayı sembolize etmektedir. Konutlarda çatı katları kişi üzerindeki hem görsel hem de psikolojik etkisiyle ayrıcalığa sahip bir mekan özelliği taşımaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Paris'te bir çatı katı [3]

KAVRAM OLARAK ÇATI

Yapısal bir unsur olan ve fiziki olarak tüm yaşamsal alanı dış etkenlere karşı korumaya alan çatı, kavramsal olarak da benzer bir işleve sahiptir. İnsanlık tarihinde bireylerin en temel gereksinimlerden biri barınma ihtiyacı olmuştur. Doğadan gelebilecek her türlü tehlikeye ve yaşam şartlarını zorlayacak etkenlere karşı çözümler aranmıştır. Bu süreçte insanoğlunun yaşam alanları en ilkelinden günümüz modern yapılarına kadar çeşitli yeni işlevleri de bünyesine katarak gelişmiş ve değişime uğramıştır. Doğal etkenlere karşı korunma anlamında, sıcak iklim kuşağında güneş ve tropikal yağmurlara karşı, soğuk iklimde ise yine yağmur ve kar yağışına karşı en önde gelen yapısal unsur, mekanı örten çatı olmuştur.

Bir çatı, üzerini örttüğü binanın bütünlüğünden soyutlanamaz. Nitekim çatı her ne kadar genelde binanın üstünü örten bir yapı elemanı ise de, yapı/bina kavramının tümleyici; ayrıca, mimari bütünlüğün sağlanmasındaki ana elemanlardan bir tanesidir. Dünyanın değişik iklim ve coğrafi bölgelerine bakıldığında, çatıların oralardaki, iklimsel, kültürel ve malzeme koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir [4]. Sadece çatının temel işlevine yönelik yalınlıkta ve hatta ilkel olarak tanımlanabilecek örnekler günümüzde de rastlanmaktadır. Şekil 4'de tropikal kuşakta bulunan Pasifik Okyanusu ülkelerinden Batı Samoa'da tamamen doğal malzeme ve geleneksel yöntemler ile yapılarak günümüzde de çeşitli yaşam mekanlarının üzerinin örtülmesinde kullanılan çatı yapısı görülmektedir.



Şekil 4. Batı Samoa'da geleneksel çatı yapısı [5]



Şekil 5. Batı Samoa'da duvarsız ev [6]

Batı Samoa'da iklim gereği yaşam mekanlarının güneş ve tropikal yağmurlara karşı korunması önceliklidir ve serin bir ortam sağlanabilmesi için duvarlara gerek görülmemektedir. Sadece çatıdan ve onu taşıyan dikmelerden oluşan duvarsız Batı Samoa evleri örneği ile çatı kavramının fiziksel olarak yaşam mekanının oluşumundaki yeri ve önemi vurgulanmaktadır (Şekil 5).

Çatılar, kullanım şekillerine göre, yağış suyunun uzaklaştırılma şekline göre, eğime göre, kaplama malzemelerine göre, biçime göre ve çatı arası havasının varlığına göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar içerisinde çatı katlarında iç mekanı şekilsel olarak etkileyen unsurlar eğim ve çatı biçimidir. Çatılar biçimlerine göre şu şekilde sınıflandırılabilirler (Şekil 6) [7].

Tek yüzeyle çatılar

Beşik örtüsü çatılar

Kırma Çatılar

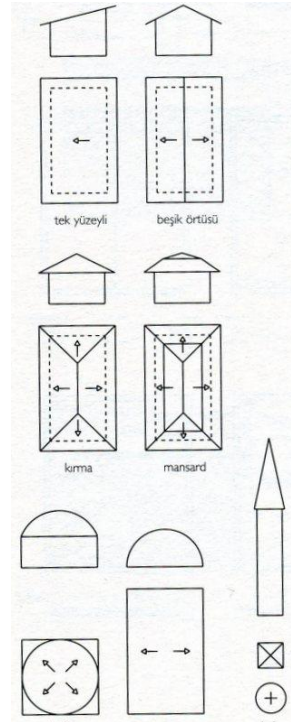
Mansard çatılar

Kubbe çatılar

Külah (kubbe) çatılar

Şed çatılar

Düz ya da az eğimli çatılar



Şekil 6. Çatıların biçimlerine göre sınıflandırılması [8]

Çatı kavramı, varoluşundan bu güne kadar zekası sayesinde hayatını kolaylaştıracak mekanları tasarlayan ve bulunan ortama göre çözümler üreten insanın bilinçaltındaki korunma ve sığınma ihtiyacında da yerini almıştır. Bu bağlamda dilimizdeki “aynı çatı altında toplamak/toplanmak” deyiminde olduğu gibi çatının mekan kavramında olan bir araya getirme özelliği vurgulanmaktadır. Aynı zamanda çatının insanlık tarihi boyunca süregelen koruma ve sığınma olgusu, korumaya, sığınmaya yönelik görsel sembollerde de görülmektedir. Şekil 7 ve Şekil 8’de verilen örneklerdeki sığınmaya ve korumaya yönelik kurumların logolarında da çatı formu öne çıkmaktadır.



Şekil 7. Çatı formunun işlendiği logoda sığınma kavramına gönderme yapılmaktadır [9]



Şekil 8. Logoda çatı şeklini ifade eden eller sahiplenmeyi sembolize etmektedir [10]

ÇATI KATLARINDA GÖRSEL ETKİ ve İÇ MEKAN TASARIMINA YANSIMASI

Tunalı, mimari yapıyı şöyle tanımlamaktadır; Avusturyalı mimar Karl Schwanzer bir mimari yapıyı “dört duvar ve bir damdan fazlası” olarak tanımlar. Bu “daha fazlası” sanatsal, sosyolojik, antropolojik, estetik, tarihsel ve kültürel bir yapıyı ifade eder. Ama bu karmaşık yapıyı yalın bir kavrama indirgeyerek mimari yapıyı bir tasarım modeli olarak betimleyebiliriz. O halde, bir tasarım varlığı olarak mimari yapı nedir? Bu soruyu kısaca şöyle yanıtlayabiliriz: Mimari yapı, belli bir biçim verilmiş mekandır [11]. Mekan ise; insanı çevreleyen belli bir ölçüde ayrılan ve içinde eylemlerini sürdürmesine elverişli olan boşluk olarak tanımlanabilmektedir [12]. Wright’a göre, yapının büyük gerçeği içindeki hacim, içinde yaşanan mekandır. Bu hacim dış yüzüyle örtülen mekan olarak belirlenmelidir [13].

Duvar ve kat döşemesi (zemin ve tavan) gibi yatay ve düşey yüzeyler, bir mekanı sınırlandırmak ve yeni bir mekan oluşturmak üzere kullanılır, bunlar iç mekan tasarımının temel unsurlarıdır. Bir yüzey bir mekanın görsel ve fiziksel sınırlarını kontrol edebilir ve pek çok farklı malzemeden ve renkten yapılabilir [14]. İç mekan tasarımında konunun amacı ve işlevi değişse de genel anlamda bazı tasarım ilkeleri bulunmaktadır. Bir mimari yapının dış kabuğu ve iç mekanı arasındaki ilişki, kaldı ki bu ilişki zıtlık ve tezatlık da içerebilmektedir, iç mekan tasarımcısı tarafından göz önünde bulundurulması gereken bir kriterdir. Bildiride konu edilen ve mekanı çevreleyen duvarlar, taşıyıcı elemanlar, döşeme ve tavan gibi yatay ve düşey unsurlar bu ilişkinin kurulmasında etkili rol oynayan çıkış noktaları olabilmektedir. Bu bakış açısına göre çatı katlarının tasarımında çıkış noktası olabilecek en etken yapısal unsur çatı ve onun iç mekandaki yansımasıdır.

Gör, çatı katını şöyle tanımlar; “Arasına merdiven çıkışı olan, odalar ve kullanım alanları yapılarak kazanılan, eğimli tavanları olan, boy kurtaran kesimleri değerlendirilen ara kat” [15]. Konutlarda çatı katları bir alt kata katılarak ya da irtibatlandırılarak kullanabilmektedirler. Tavan iç mekanın kapatıcı ögesidir; örtüsünün altında bulunanlar için hem fiziksel hem de psikolojik korunma duygusu sağlar [16]. Tavanın insan üzerindeki duyuşsal etkisi çatı katlarında yoğun olarak görülmektedir, çünkü bu mekan dış şartlara karşı sağlanan her anlamdaki korumanın başladığı yerdir. Aynı zamanda çatı formunun iç mekandan doğrudan algılanabilir olması bu korunma duygusunu pekiştiren bir öğedir.

Çatı katı bizim konut kültürümüzde çok rastlanan bir öge olmasa da, tavan eğimi ve yüksekliğinin değişken ve diğer katlardan farklı oluşu nedeniyle, rastlanan az sayıda çatı katına sahip konutta yaşamak, (klostrofobik problemleri olmayan) çoğunluk için masalsı, sıcak duygular ve içinde yaşama isteği uyandırır [17].

Çatı katlarının daha önce de bahsedilen psikolojik etkisinin yanı sıra çatının biçimsel hareketlerinden kaynaklanan görsel etkileri de bulunmaktadır. Çatı katlarının normal katlara göre dış kabukta olan farklı biçimsel etkisi iç mekanda da vardır. Meis, mekanın kavranması sırasında görsel algılamının önceliğine dikkati çekmektedir [18]. Buna göre bir çatı katında görsel algı çatı biçiminin iç mekanda olan yansıması halindeki tavanda odaklanmaktadır. Şekil 9'da görülen çatı katında görsel etki tavanda, çatı taşıyıcıları ve konstrüksiyonundadır. Oldukça baskın bir etkisi olmasına rağmen hacim dengelidir.



Şekil 9. Tavandaki biçimsel hareket baskın ancak hacim dengelidir [19]

Şekil 10'da görülen çatı katında ise tavandaki biçimsel hareketler nedeniyle algılama daha farklıdır, ilgi daha çok buradadır. Döşeme nötr, görsel olarak ağırlık tavandaki yapıdadır.



Şekil 10. Bu çatı katında görsel etki tavadadır [20]

Duvarlar ve zemin döşemeleri gibi sürekli temas halinde olduğumuz mekan öğeleri olmamalarına, dokunamayacağımız mesafelerde olmalarına rağmen, tavanların iç mekanı şekillendirmede ve düşey boyutunu sınırlandırmada önemli görsel rolleri vardır [21]. Tavan yüksekliğinin insan üzerindeki etkisi mekanın yataydaki boyutlarıyla doğrudan ilgilidir. Yüksek tavanlı hacimlerde mekanın genişliği olduğundan daha azmış gibi bir algıya neden olmakla beraber, alçak tavanlar daha sıcak ve samimi bir his uyandırmaktadırlar. Şekil 9 ve Şekil 10 karşılaştırıldığında bu etki açıkça görülmektedir.

İç mekanı kuran yüzeylerin, yani döşeme, tavan ve duvarların boyutları, kuruluş dokuları, doku benzerlik ve değişiklikleri, yüzeylerdeki boşluk oranları, boşlukların saydam bırakılması veya

örtülmesi kişilerin yorum ve değerlendirmeleriyle de ilgili olmakla beraber bazı ortak düzenleme ilkeleri saptanabilir [22]. Normal katlarda olduğu gibi düz bir tavan yapısına nazaran çatı hareketlerinin iç mekana yansıdığı çatı katlarının tavanlarının görsel algıyı etkileyen ve ilgiyi çeken farklı etkileri bulunmaktadır. Bu etki çatının yapısına göre mekana yön vermektedir. İç mekanda çatı eğiminin tek yönde algılanması ya da çeşitli yönlerdeki biçim ve hareketlere sahip tavan yapısı mekana farklı bir dinamizm getirmektedir (Şekil 11 ve Şekil 12).



Şekil 11. Çatı eğimi öne çıkmaktadır [23]



Şekil 12. Tavanda merkezi bir etki vardır [24]

İnan'a göre; mimari ve iç mimaride dengeler strüktür üzerine kurulur. Yatay, düşey ve diyagonal bir yapıda kurgulanabilir. Form karakterleri yetkinliğe ulaştığında strüktür de doğru çözüme kavuşur [25]. Çatı katlarında çatıyı oluşturan strüktürel yapının detaylarının gizlenmesi ya da açıkta bırakılmasının farklı etkileri olmaktadır. İç mimari yaklaşıma göre; detayların gizlendiği ve düzlemsel yüzey hareketlerinin hakim olduğu durumda, yön, denge, dinamizm, büyük-küçük ilişkisi gibi etkiler öne çıkmaktadır, ancak konstrüksiyon detaylarının açıkta bırakıldığı tasarımlarda malzeme etkisi, ritm ve doku gibi olgular daha etkili olmaktadır. Her iki durumda da çatı katlarında düzlemsel ve daha durağan yapıdaki duvar ve döşemeye göre çatı hareketlerinin algısal olarak öne çıkması söz konusu olmakta ve bir kontrast oluşmaktadır. Şekil 12'de çatı detayları gizlenmiştir ve tavanda düzlemsel hareketleri vermiş olduğu dinamik etki vardır. Şekil 13'de ise açık bırakılan konstrüksiyon nedeniyle ritim ve doku etkisi ön plandadır.



Şekil 12. Çatı detaylarının gizlenmektedir [26]



Şekil 13. Konstrüksiyonu açıkta bırakılmıştır [27]

Bir binanın iç mekanını oluşturan kabuk, aynı zamanda binanın dış yüzeyini, dış görünüşünü, kitlesinin biçimini oluşturur. Tek mekanlı bir binanın kitlesi mekanın biçimi hakkında fikir verir. Aynı şekilde bir mekanı görerek bu yapının oluşturduğu kitleyi tahmin edebiliriz. Fakat eğer bu kabuğa bir takım görüşlerle iç mekanı aynen yansıtmayacak şekilde dıştan başka öğeler, süsler eklenirse iç mekanın dışa yansımaları aynen olmaz ve bazı değişik görüntüler ortaya çıkar. İyi düzenlenmiş bir yapıda kabuk adeta şeffaflaşmış gibi iç mekanı dışarıya yansıtılabilmeli, keza, binanın dışından içini hatasız tahmin edebilmeliyiz. Yapının strüktürü buna yardımcı olmalıdır [28]. Dış kabuğun iç mekan tasarımına yansıtılmasında çatı biçiminin karakteristiği baskın bir rol oynamaktadır. Örneğin organik bir dış kabuk formuna sahip olan çatı tasarımının etkisi iç mekanda da aynı şekilde algılanabilmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Çatı katının tavan yapısı binanın dış kabuk tasarımı ile ilgili fikir vermektedir [29]

SONUÇ

İnsanlığın varoluşundan günümüze kadar geçen süreçteki yaşam şekli ve barındığı mekanlar sürekli gelişmiş, bulunulan iklim şartlarına göre en konforlu yaşam alanlarının sağlanabilmesi için çeşitli çözümler üretilmiştir. Çağa ve bulunulan coğrafyaya bakılmaksızın düşünüldüğünde, insanların kendi inşa etmiş olduğu ve içinde yaşadığı mekanları örterek koruyan çatılar en etkin yapısal unsurların önde gelenlerinden biri olmuştur. Çatının fiziksel anlamda, insanlık tarihindeki bu güne kadar değişmeyen koruma işlevinin yanı sıra insan üzerinde psikolojik bir etkisi de bulunmaktadır.

Çatı katı, görsel olarak çatı yapısının ve dolayısıyla çatı kavramı etkisinin yoğun olarak hissedildiği bir mekandır. Hem psikolojik hem de görsel açıdan kişi üzerinde bir etkisi olan çatı katları, daha yakın, daha sıcak algılanabilen, aynı zamanda sınımlanabilir, sevimli ve hatta gizemli olarak tanımlanabilecek mekanlardır. Çatı katı ile ilgili bütün bu soyut ve somut tanım ve algıların altında şüphesiz insanın bilinçaltındaki “ev” resminin en iyi şekilde hissedildiği iç mekan olması özelliği yatmaktadır.

Bildiride, çatının iç mekan tasarımına etkisi bağlamında çatı katları ele alınmış, dış kabuğun iç mimariye yansımadaki etken rolü ve insan üzerindeki psikolojik etkisine dikkat çekilmiştir. Çatı biçiminin, normal katlara nazaran özel bir mekan olan çatı katlarının iç mekan tasarımında bir çıkış noktası olabileceği vurgulanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:SydneyOperaHouse.jpg> (4.1.2014)
- [2] http://www.greatbuildings.com/buildings/Notre_Dame_du_Haut.html (25.2.2014)
- [3] <http://greigedesign.blogspot.com.tr/2012/05/by-invitation-only-dream-day.html> (4.1.2014)
- [4] **Toydemir, N., Bulut, Ü.**, 2006. Çatılar, YEM Yayın, İstanbul.
- [5] **Tokol, T.**, 2003. Kişisel fotoğraf arşivi.
- [6] **Tokol, T.**, 2003. Kişisel fotoğraf arşivi.
- [7] **Toydemir, N., Bulut, Ü.**, 2006. Çatılar, YEM Yayın, İstanbul.
- [8] **Toydemir, N., Bulut, Ü.**, 2006. Çatılar, YEM Yayın, İstanbul.
- [9] <http://www.sirkethaberleri.com/basin-odasi/mor-cati-logo> (5.1.2014)
- [10] <http://www.farajat.net/en/archives/1650> (5.1.2014)
- [11] **Tunalı, İ.**, 2012. Tasarım Felsefesi, Tasarım Modelleri ve Endüstri Tasarımı, YEM Yayın, İstanbul.
- [12] **Hasol, D.**, 1993. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.
- [13] **Güngör, İ. H.**, 2005. Görsel Sanatlar ve Mimarlık İçin Temel Tasarım, Esen Ofset, İstanbul.
- [14] **Brooker, G., Stone, S.**, 2010. İç Mekan Tasarımı Nedir?, YEM Yayın, İstanbul.
- [15] **Gör, I.**, 1997. İç Mimarlık Kavram ve Terimleri Sözlüğü, M.Ü. Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık Yayınları, İstanbul.
- [16] **Ching, F.D.F.**, 2006. İç Mekan Tasarımı, YEM Yayın, İstanbul.
- [17] **Alptekin, G. Ö., Kasapoğlu, E.**, 2012. Konutlarda Çatı Arası Mekanların Kullanıma Açılması, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bursa.
- [18] **Meis, P.V.**, 2002. Elements of Architecture From Form to Place, Spon Press, New York, USA.
- [19] <http://www.wallpaperscastle.com/uploads/2013-11/attic-living-room-design-free-desktop-wallpaper-1920x1228.jpg> (18.1.2014)
- [20] <http://www.goodfon.com/download.php?id=567454&rash=1024x768> (18.1.2014)
- [21] **Ching, F.D.F.**, 2006. İç Mekan Tasarımı, YEM Yayın, İstanbul.
- [22] **Demirkan, M.E.**, 1984. "İç Mekanda Duvar Kuruluşları", İç Mekan Düzenleme Bilim Dalı Konferansları, Mimar Sinan Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [23] <http://interiordesignconvention.com/simple-ceiling-designs-for-homes-with-various-projects/attic-living-room-with-sloped-ceiling> (25.1.2014)
- [24] <http://www.hahoy.com/wp-content/uploads/2010/05/attic-space-design-1.jpg> (25.1.2014)
- [25] **İnan, Ç.**, 1998. Soyut ve Somut Tasarım Olgusunda Anlatım Yöntemleri, Maltepe Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [26] <http://interiors-and-design.blogspot.com.tr/2013/11/contemporary-scandinavian-attic.html> (18.1.2014)
- [27] <http://www.goodfon.com/download.php?id=567501&rash=1024x768> (18.1.2014)
- [28] **Güngör, İ. H.**, 2005. Görsel Sanatlar ve Mimarlık İçin Temel Tasarım, Esen Ofset, İstanbul.
- [29] http://www.tapja.com/10-awesome-guest-bedroom-and-guest-bathroom-design-ideas/sea-panorama-guest-house-bedroom-interior-design-in-attic-house/#.Uu0mpT1_uE4 (18.1.2014)

Uzay Kafes Sistemlerle Yaratılabilecek Üst Örtülerin Yüzey Geometrilerinin İncelenmesi: Heydar Aliyev Merkezi Örneği

Kutluğ SAVASIR¹
Fazilet TUĞRUL²

Konu Başlık No: 5 Çatı ve Cephe Sistemlerinde Görsel Etki

ÖZET

Uzay kafes sistemler, 20. yüzyılın ikinci yarısında kullanılmaya başlanmış olan, üç boyutlu ve etkin strüktürlerden biridir. Yapılarda sıklıkla düzlemsel geometride ve çatı elemanı olarak kullanılmaktadır. Ancak uzay kafes sistemi oluşturan çubuk elemanlar ve düğüm noktaları sayesinde düzlem dışında da birçok hacmin örtülmesinde hem çatı hem de cephe elemanı olarak kullanılmaktadır. Yapının kabuk tasarımı, uzay kafes sistemlerle somut hale gelirken; karşılaşılabilecek sıradan ve sıra dışı yüzey geometrilerinin irdelenmesi bildirinin konusunu oluşturmaktadır. Konuyla ilgili olarak çeşitli yüzey geometrileri irdelenecektir. Bildirinin amacı sıra dışı kabuk tasarımlarının hayat bulmasında uzay kafes sistemlerin kullanımının önemine vurgu yapmaktır. Bu bağlamda Bakü'de uzay kafes sistemle inşa edilmiş, Zaha Hadid Mimarlık'ın tasarımı olan "Heydar Aliyev Merkezi"nin üst örtüsünün tasarım ve yapım aşamaları aktarılırken; uzay kafes sistemlerle kabuk tasarımındaki sınırların, tasarımcının kurabildiği hayallerle sınırlı olduğu bir kez daha gözler önüne serilecektir.

ANAHTAR KELİMELER

Uzay kafes sistemler, Yüzey geometrisi, Heydar Aliyev Merkezi.

¹ Yard. Doç. Dr. Kutluğ SAVASIR, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Tinaztepe Kampüsü Doğuş Cad. No:209 Buca / İzmir, Tel:0.232.301.83.89, Faks:0.232.45329.86, kutlug.savasir@deu.edu.tr

² Fazilet TUĞRUL, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Çayırova Kampüsü İstanbul Cad. 41400 Gebze/ Kocaeli, Faks:0.262.653.8495, ftugrul@gyte.edu.tr

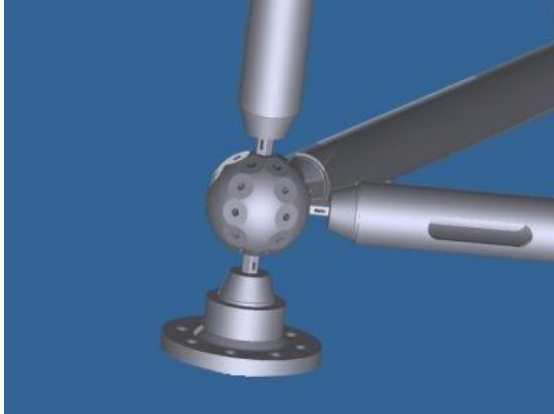
Giriş

Kafes sistemler, gelen yükleri iki boyutlu bir düzlem içinde aktaran sistemler olup, uzay kafes sistemler; “Birden fazla düzlem içindeki çubuk ve düğüm noktalarından oluşan ve yükleri, uzay içinde üç boyuta dağıtan bir taşıyıcı sistemdir [1]” şeklinde tanımlanmaktadır. Adındaki uzay kelimesi, uzay kafes sistemin yükleri üç boyutta dağıtabilmesi nedeniyle kullanılmaktadır. En basit uzay strüktür aynı düzlem içinde olmayan üç çubuğun bir düğüm noktasında birleşmesi ile elde edilmektedir (Resim.1).

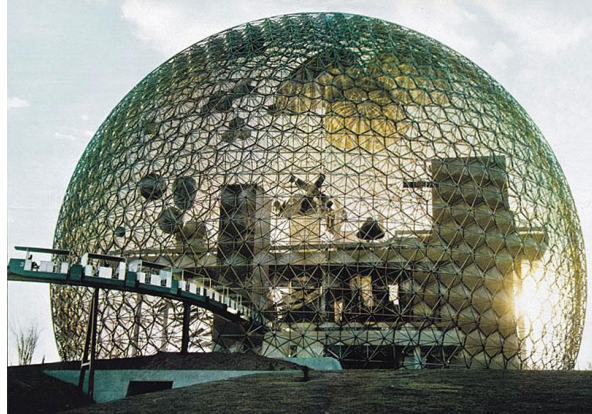
Uzay kafes sistemler, basit prefabrike bileşenler ile inşa edilirler. Bu bileşenler;

- çelik çubuklar (boru elemanlar),
- düğüm noktaları (küre elemanlar),
- civata ve somunlar (bağlantı elemanları)'dır.

II. Dünya Savaşı sırasında sökülüp takılabilen, hareketli yapılarda ve hangar yapılarında ilk kez kullanılan sistemin sivil mimaride kullanımı XX. Yüzyılın ikinci yarısında gözlenmektedir. 1967 yılında Montreal'de düzenlenen Dünya Fuarı'ndaki Fuller'in jeodezik kubbe şeklinde tasarladığı ve içinden tren yolu geçen Amerikan Pavyonu (Resim.2) ile uzay kafes sistemler etkin taşıyıcı sistemlerden birisi olarak mimarlık tarihine geçmiştir. Mimari terim olarak 'etkin strüktürler', en az malzemeyle en büyük hacmin kapatılmasının sağlanmasını, dolayısıyla da bir yerde sürdürülebilirliği ifade etmektedirler. Uzay kafes sistemler; yüklerin sadece düğüm noktalarına etkimesi, düğüm noktalarındaki çubuk birleşiminin mafsallı olması, yüklerin aksel iletimi ve yüklerin düğüm noktalarının merkezinde birleşmesi koşulları altında sadece basınç ve çekme kuvvetleriyle etkilenmekte olup eğilme durumunun baskın olduğu diğer taşıyıcı sistemlere oranla çok daha fazla etkin olmaktadır.



Resim 1. En temel uzay kafes giriş örneği.

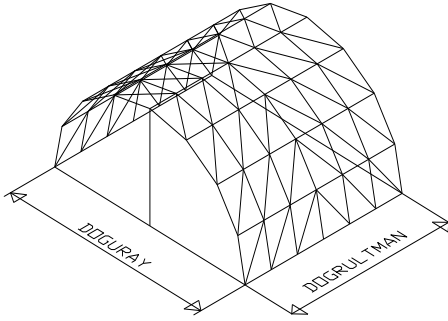


Resim 2. 1967 Montreal Dünya Fuarı ABD Pavyonu [2]

Diğer yapı sistemleriyle karşılaştığımızda, uzay kafes sistemler sahip oldukları rijitlik, hafiflik gibi yapısal üstünlüklerinin yanı sıra, geniş açıklıklarının kolonsuz geçilebilmesine imkân sağlamaları gibi mekânsal üstünlüklere de sahiptir. Son yıllarda kültür merkezleri, sergi salonları, kiliseler, yüzme havuzları, endüstri binaları, hangarlar, okul binaları ve alışveriş merkezleri gibi geniş açıklıkları olan ve sık düşey taşıyıcı istenmeyen hacimleri örtmek için kullanılmışlardır. Uzay kafes sistemler, doğru planlandığı takdirde diğer sistemlere göre daha az malzeme gerektirmekte, dolayısıyla daha ekonomik olmaktadır.

Strüktür geometrisi açısından sınıflandırma

Uzay kafes sistemlerin strüktür geometrilerini incelemeyen önce konuyla ilgili bazı kavramları açıklamakta yarar vardır. Uzay kafes sistemi oluşturan iki ana eleman düğüm noktaları ve çubuklardır. Uzay kafes sistemle üretilmiş bir üst örtü genelini düşündüğümüzde sistemin eni, boyu ve yüksekliğinin büyüklüğü çok fazladır ve bu nedenle üç boyutlu olarak adlandırılır. Oysa ki sistemi oluşturan çubukların boyları, diğer iki boyutuna göre daha fazladır ve bu nedenle çubuklar tek boyutlu elemanlar olarak adlandırılırlar. Düğüm noktalarının eni, boyu ve yüksekliği ise sistemin boyutunu düşündüğümüzde çok çok küçüktür ve bu elemanlar boyutsuz olarak adlandırılırlar. Bu bağlamda uzay kafes sistemin temelini oluşturan bileşenler, temel geometrik kavramlardan ‘doğru parçası’ ve ‘nokta’ya benzetilebilir. Aynı düzlem içindeki doğru parçaları, noktaların yardımıyla uç uca birleştirildiği zaman düz veya eğrisel çizgiler oluştururlar. Uzay kafes sistemlerin geometrik olarak oluşturulması birbirini dik kesen iki düzlem içinde bulunan iki farklı çizgiyle sağlanır. Bu çizgilerden biri ‘doğuray’ diğeri ise ‘doğrultman’ ismini alır (Şekil.1). Çizgilerin biçimi; ya her ikisi de eğri, ya her ikisi de düz ya da biri düz diğeri eğri şeklinde olmaktadır.

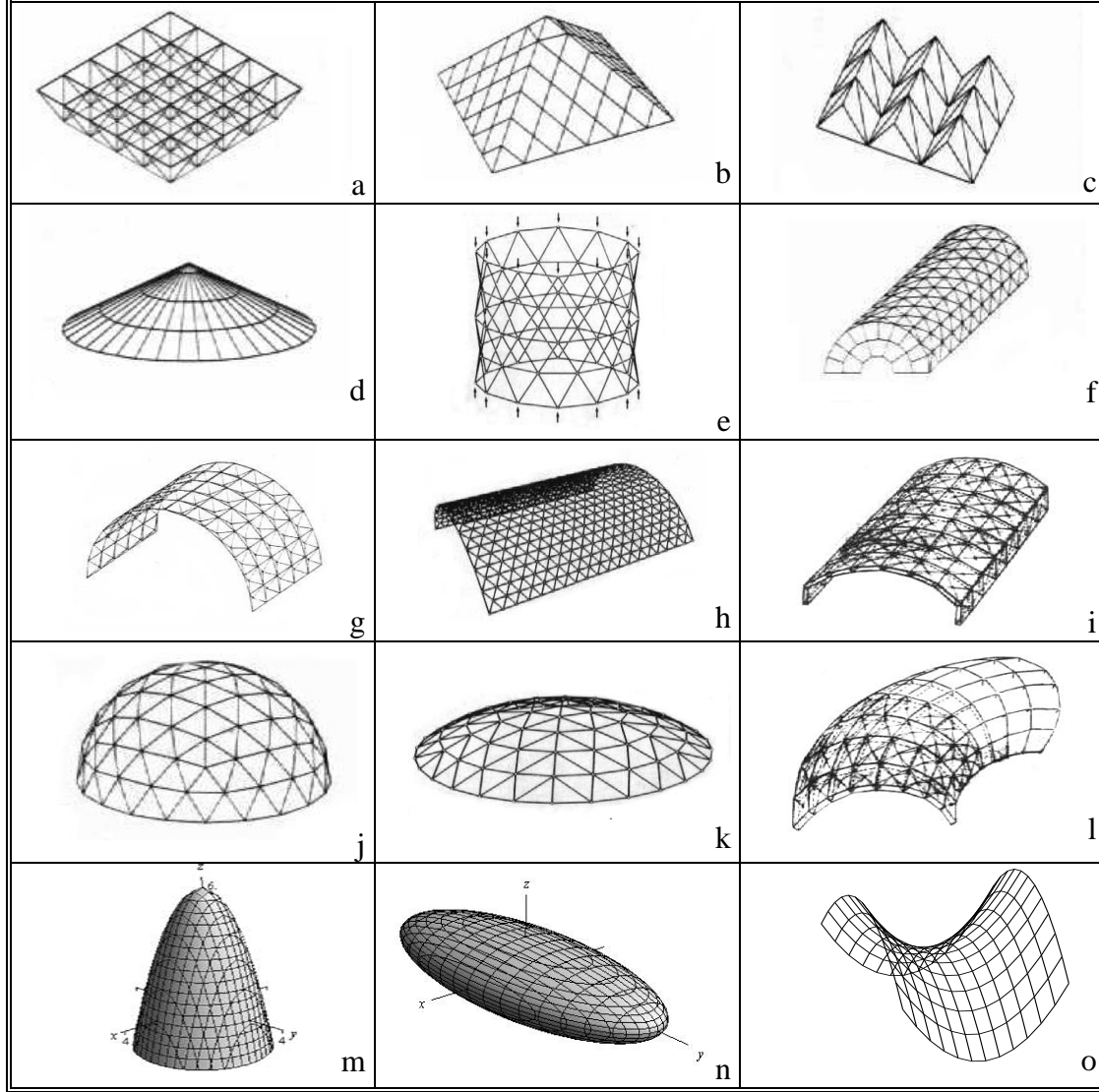


Şekil 1. Doğuray ve Doğrultman Yönleri [3].

Yüzeyi yaratmada doğrultmanın doğuray üzerinde ötelenmesi veya döndürülmesi şeklinde iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler sonucu elde edilen yüzeylere öteleme yüzeyleri veya dönel yüzeyler denilmektedir.

Örneğin, birbirine dik iki farklı düzlem içinde bulunan doğuray ve doğrultman çizgilerinin her ikisinin de düz olduğu durumda; doğrultmanın doğuray üzerinde ötelenmesiyle elde edilecek uzay kafes sistemin geometrisi düzlem şeklinde olmaktadır (Tablo 1.a). Doğurayın kırıklı bir çizgi, doğrultmanın ise düz bir çizgi olması durumunda ise piramidal bir yüzey (Tablo 1.b) veya katlanmış plak (Tablo 1.c) elde edilmektedir. Doğurayın bir çember, doğrultmanın da düz bir çizgi olması durumunda, doğrultmanın doğuray üzerinde olmayan uç noktası etrafında döndürülmesiyle elde edilen dönel yüzey ise geometride koni olarak adlandırılmaktadır (Tablo 1.d). Eğer doğrultman doğurayın bulunduğu düzleme dik olarak alınır ve bu şekilde döndürülürse silindir elde edilmektedir (Tablo 1.e). Doğuray çizgisinin parabol, çember veya elips yayı olması, doğrultman çizgisinin ise düz bir çizgi olması durumunda karşımıza çıkan öteleme yüzeyi tek eğrilikli olup mimaride tonoz olarak adlandırılmaktadır (Tablo 1. f, g, h, i). Doğuray yayının parabol, çember veya elips yayı olması ve bu yayın tepe noktası etrafında döndürülmesiyle elde edilen dönel yüzeyler kubbe olarak (Tablo 1.j, k); aynı doğuray yayını kendi üzerinde olmayan bir nokta etrafında döndürdüğümüzde ise elde edilen simite benzeyen geometrik şekil tor yüzeyi olarak adlandırılmaktadır (Tablo 1.l). Hem doğurayın hem de doğrultmanın eş eğrilikli çember yayları olması ve birbiri üzerinde ötelenmesiyle kubbe (Tablo 1.j); her ikisinin de parabol yayları olması durumunda paraboloid (Tablo 1.m) veya her ikisinin de elips yayları olması durumunda elipsoid (Tablo 1.n) olarak adlandırılan yüzeyler elde edilmektedir. Doğurayın ve doğrultmanın parabol olduğu ancak eğimlerinin birbirlerine göre ters olduğu durumda birbiri üzerinde ötelenmesiyle hiperbolik parabol (Tablo 1.o) olarak adlandırılan semer yüzeyler elde edilmektedir.

Tablo 1. Strüktür Geometrisi Açısından Uzay Kafes Kiriş Örnekleri [3].



Bu noktada uzay kafes sistemleri, doğuray ve doğrultman çizgilerinin durumuna göre, strüktür geometrisi açısından sınıflandırdığımızda;

- Düzlem yüzeyli (düzlem, piramidal, prizmatik) ve
- Eğri yüzeyli olarak iki ana gruba ayırabiliriz.

Eğri yüzeyli uzay kafes sistemler de kendi içinde sınıflandırıldığında;

- Tek eğrilikli (koni, silindir, tonoz) ve
- Çift eğrilikli yüzeyler olarak iki grupta toplanmaktadır.

Çift eğrilikli uzay kafes sistemler ise doğuray ve doğrultmanın eğimine (+ duran veya - sarkan olması) göre aşağıdaki şekilde ikiye ayrılmaktadır:

- Eş eğrilikli (kubbe, paraboloid, elipsoid)
- Ters eğrilikli (hiperbolik parabol)

Uzay kafes sistemlerin sahip olabileceği yüzey geometrileri Tablo 1'de özetlenmiştir. Uzay kafes sistemler, salt Tablo 1'deki geometrilerde olabileceği gibi; bu geometrilerin birden fazlasının birleşimi de tek bir yapıda gözlenebilmektedir. Heydar Aliyev Merkezi özelinde hem düzlem, hem tek eğrilikli (tonoz), hem eş hem de ters eğriliğe sahip olan çift eğrilikli yüzeyler (paraboloid, hiperbolik parabol) bir arada kullanılarak dinamik bir kabuk elde edilmiştir.

Heydar Aliyev Merkezi / Bakü

Heydar Aliyev Merkezi'nin yapımına 2007 Eylül'ünde başlanmış ve 10 Mayıs 2012'de yapımı tamamlanmıştır. Yapıyı saran ve örten dış kabuğun geometrisindeki zorluğa rağmen 3,5 yılda tamamlanan yapı, Zaha Hadid'in tasarladığı diğer yapıların yapım süreleri göz önüne alındığında oldukça kısa sayılabilecek bir sürede kullanıma açılmıştır. Burada vurgulanması gereken konu, uzay kafes sistemli yapıların tasarım ve üretim sürecinin karmaşıklığına karşın yapım hızının yüksek olmasıdır.

Şiir gibi okunan, ilahi gibi dinlenen, coşkusunun yanında ziyaretçileri hayrete de düşüren sıra dışı çizgilere sahip, serbest formlu ve şaşırtıcı bir binadır, Heydar Aliyev Merkezi. Bakü şehrinin önemli ana arterlerinden biri olan Heydar Aliyev Bulvarı üzerinde bulunan yapı, ilk bakışta ne olduğu anlaşılabilen mistik bir görünüme sahiptir. Bulvar üzerinde ilerledikçe çiçek gibi açılan yapı, iç-dış mekan arasında geçişlerin olduğu, dalgalı bir yüzey geometrisine sahiptir. Mimar yapıyı tasarlarken Hazar Denizi'nin dalgalarına öykünmüştür. Farklı bir açıdan yaklaşırsa; sosyalist rejimin tüm baskılarından kurtulma, silkelene, modernliği ve özgürlüğü yansıtmaya bağlamında, dalgalanan bir halıya da benzetmek mümkündür. Analojik olarak yaklaştığımızda yapı; solungaç yarıkları, sırt yüzgeci ve kuyruğu belirgin olan suyun yüzeyinde gezinen bir köpek balığını andırmaktadır (Resim 3)...

Heydar Aliyev Kültür Merkezi her ölçekte eşsiz bir sanat eseridir. Şehir ölçeğinde bakıldığında sanki meydan dalgalanmakta ve yüzey yırtılarak içinden kardelen çiçeği gibi bir yapı fışkırmaktadır. Hatta bu hareketlilik yapının içindeki tüm mekanlarda (giriş holü, sergi salonu, oditoryum v.b.) da devam ettirilmiştir. Aynı konsept kapı kolundan, yapay aydınlatma elemanlarına kadar farklı ölçeklerdeki mimari elemanlarda da sürdürülerek tasarımda bütünlük sağlanmıştır. Tasarımın bütünü oluşturulan tüm yapı elemanları, kıvrımlı şekilleri ve eşsiz tasarımlarıyla sıra dışı bir görünüme sahiptir. Döşemenin nerede bitip duvarın nerede başladığı, duvarın ne zaman çatıya ve hatta bir kubbeye dönüştüğü kestirilemeyen yapıda, gündelik hayatta karşımıza çıkan yapı elemanları (döşeme, duvar, tavan, çatı v.b.) net bir şekilde tanımlanamamaktadır. Ziyaretçileri şaşırtan ve heyecanlandıran bu serbest form nedeniyle yapının iç perspektifi, durulan her bir farklı noktaya göre değişmekte ve ziyaretçilere her gelişlerinde farklı imajlar ve görüntüler vermektedir (Resim 4).



Resim 3. Heydar Aliyev Merkezi'nin üst örtüsü [4]. Resim 4. İç Görünüşü [5]

Yer yer eş eğrilikli, yer yer ters eğrilikli olan eğrisel yüzeyli ve serbest formlu büyük hacimleri örten yapıların inşasında uzay kafes sistemlerin kullanımının uygunluğu, Heydar Aliyev Merkezi özelinde bir kez daha gözler önüne serilmektedir. Yapının büyüklüğü yanında çok küçük sayılabilecek uzunluktaki doğrusal elemanların üçüncü boyutu oluşturacak şekilde bir araya getirilmesi, yapının yüzeyinin eğriselliğinde bir kırıklığa sebep olmamakta, en azından göz bunu algılayamamaktadır. Girişin hemen solunda dev dalgaları anımsatan geometrik adı hiperbolik parabol olan bir semer yüzey mevcuttur. Hiperbolik parabolün bir yönünde minimum eğime ve bu parabole dik yönde ise maksimum eğime sahip olan bir diğer parabol bulunmakta olup bu yüzey ters ve çift eğrilikli

7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014
Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş - İstanbul

yüzeyle örnektir (Resim 5). Böylesine çift ve ters eğrilikli yüzeylerin inşasında uzay kafes sistemlerin kullanımı oldukça olumlu ve etkileyici sonuçlar üretmektedir (Resim 6).



Resim 5. Hiperbolik parabol yüzey [6]



Resim 6. Hiperbolik parabolün yapım aşaması [7]

Heydar Aliyev Merkezi'nin üst örtüsü tasarlanırken hiperbolik parabol kullanımının yanı sıra; çatının git gide yükselip 74 metrelik en üst noktaya ulaştığı bölgede paraboloid yüzey de kullanılmıştır (Resim 7). Çift eğrilikli ve maksimum eğrilikleri de aynı yönlü olan paraboloidin inşası, uzay kafes sistem ve pnömomatik sistem dışında konvansiyonel yöntemlerle oldukça zahmetli bir şekilde inşa edilmektedir. Bu nedenle uzay kafes sistemin tercih edilmesi hem yapım hızı hem de yüzey eğriliğinin doğru bir şekilde verilebilmesi açısından olumlu sonuçlar üretmiştir. Bunun yanı sıra yüzeyin eğrilerden oluşması hem deprem, hem rüzgar hem de dış yüklerle karşı kabuğun direncini artırmaktadır.

Heydar Aliyev Merkezi'nin üst örtüsünde yer yer düzlem uzay kafes sistemler de kullanılmıştır (Resim 8). Düzlem şeklindeki uzay kafes sistemlerin yapım hızı ise eğri yüzeyli uzay kafes sistemlere göre nispeten daha fazladır. Bunun yanı sıra köpek balığı solungaçlarını andıran yırtıkların bulunduğu, girişin sağındaki yüzey ise geometri olarak yan yatmış üç adet tonoz şeklindedir (Resim 9).



Resim 7. Paraboloidin yapım aşaması [7]



Resim 8. Düzlem yüzeyli uzay kafes giriş [7]

Heydar Aliyev Merkezi'ni oluşturan kabuk, uzay kafes sistem ile inşa edildikten sonra on altı binden fazla cam elyaf güçlendirilmiş beton (glass fiber reinforced concrete) ve cam elyaf güçlendirilmiş polyester panellerle kaplanmıştır (Resim 9). "Bu mimari kompozisyonda yüzeyin müzik olduğu varsayılırsa, paneller arası ek yerlerinin ritim olduğu söylenebilir [8]."



Resim 9. Hiperbolik parabol, paraboloid, düzlem ve tonozdan oluşan dinamik kabuk [7]

Sonuç

Uzay kafes sistemler XX. yüzyıla damgasını vurmuş olan ve en az malzeme ile en fazla verimin alındığı etkin strüktürlerden biridir. Uzay kafes sistemler, kullanılan malzeme miktarının konvansiyonel yapım sistemlerine göre az olması, montajının kolay ve kısa sürede bitirilebilmesi, çok geniş açıklıkları çok az sayıda kolonla geçebilmesi ve seri üretime uygunluğu ile tercih edilen endüstrileşmiş yapım sistemleri arasında yer alır.

Heydar Aliyev Merkezi'nin arsa alanı 111.292 m², toplam kat alanı ise 101.801 m²'dir. Bu denli büyük bir kompleksin yapımı 3,5 yıl gibi kısa sayılabilecek bir sürede tamamlanmıştır. Yapının bu kadar kısa sürede tamamlanmasında, kabuğun uzay kafes sistemle yapılmış olmasının etkisi yadsınmaz.

Ayrıca uzay kafes sistemin eğri yüzeyli olarak tasarlanması sonucunda, mekan içinde taşıyıcı strüktüre olan ihtiyaç azalmaktadır. Buna en güzel örnek 10.000 kişilik oditoryumun iç mekan görüntüsüdür (Resim 10). Yüzeyin eğriliğe sahip olması deprem ve rüzgar gibi dış yüklerle dayanımı artırmaktadır. Bu durumda kullanılan malzeme miktarı azalmakta ve strüktürün etkinliği artmaktadır.

Uzay kafes sistemlerin bir diğer olumlu yönü de sistemi oluşturan bileşenlerin herhangi bir olumsuz durumda sökülüp takılmasının kolay olmasıdır. Heydar Aliyev Merkezi'nde, 20 Temmuz 2012 günü çıkan yangında kabukta hasar meydana gelmiş olsa da çok kısa süre içinde bu hasar onarılmıştır.

Uzay kafes sistemlerle düzlem yüzeyli, piramidal ve prizmatik şekilli, eğriliği olmayan yüzeyler elde edilebilirken; tek yönde eğriliği olan tonoz, silindir ve konik yüzeyler de elde edilebilmektedir. Bunların yanı sıra çift eğriliğe sahip olan kubbe, paraboloid, elipsoid, hiperbolik parabol ve tor yüzeyleri gibi daha karmaşık geometriye ve yapım zorluğuna sahip olan yüzeyler de rahatlıkla yapılabilmektedir. Heydar Aliyev Merkezi yer yer düzlem yüzeyli, yer yer tonoz yüzeyli, yer yer de paraboloid ve hiperbolik parabol şeklindeki çift eğrilikli birçok geometrik formu bünyesinde bulunduran uzay kafes sistem taşıyıcılı kabuğu ve bir şehrin, hatta bir ülkenin yeni simgesi olan sıra dışı formuyla XXI. Yüzyılın en önemli mega yapılarından birisi olmuştur.



Resim 10. Heydar Aliyev Merkezindeki tamamen ahşap kaplı oditoryumun iç görünüşü [9]

Kaynaklar

- [1] Türkçü, H.Ç. (1982). *Uzay Çerçeve Çatıyı Farklı Geometrik Olanaklar Arasından Seçmede Kullanılabilecek Ölçütler ve Yöntemi*, E.Ü. Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, Yayın No:15, Ticaret Matbaacılık, İzmir, s.3.
- [2] http://arttattler.com/Images/NorthAmerica/NewYork/Whitney/Buckminster%20Fuller/fuller_pavilion.jpg
- [3] Savaşır, K. (2000). *Silindirik Yüzeyle Uzay Kafes Sistemlerde Yükseklik ve Geçilen Açıklık Bakımından Tek ve Çift Tabakalı Sistemlerin Karşılaştırılması*, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [4] http://www.arch2o.com/wp-content/uploads/2013/11/Arch2O-Zaha-Hadid-Heydar-Aliyev-Center-HAC_photo-by-Helene-Binet_04.jpg
- [5] http://farm4.static.flickr.com/3787/10810645695_ffa8fa66de_m.jpg
- [6] http://carcalete.com/wp-content/uploads/2013/11/the_heydar_aliyev_center_zaha_hadid_architects_011.jpg
- [7] İnş. Müh. Çağlar Özdemir arşivi
- [8] Anonim, (2013). *Heydar Aliyev Merkezi*, Yapı, No:385, Aralık, s.71.
- [9] <http://1.bp.blogspot.com/-L-RGC2i0gxs/Tu-IMTqKvZI/AAAAAAAAAM8/KDEdUd4BFIA/s1600/2.jpg>

Çatı ve Cephelerin Yapım ve Onarım İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliğine Yönelik Yasal Düzenlemeler

Z. Özlem Parlak Biçer¹
Hatice Özdemir²

**Konu Başlık No: 7 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Yapım ve Onarım Süreçlerinde İş
Güvenliği**

ÖZET

İş Güvenliği Tehlike sınıflarına göre “Çok Tehlikeli” sınıfta yer alan yapı işleri içerisinde ağır yaralanma ve ölümlerle sonuçlanan kazaların olacağı işlerin, geçmiş veriler de göz önüne alındığında, çatı ve cephe işleri olduğu düşünülmektedir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın hazırladığı yasal düzenlemelerde çatı ve cephe işlerine yönelik maddelerle karşılaşılmaktadır. Bu yasal düzenlemelerin bir kısmı uygulamada kullanılmakta olup bir kısmının uygulamada kullanılmasında sıkıntılar bulunmaktadır. Yeni yasal düzenlemelerle var olan sıkıntıların giderilmesi ve bundan sonra oluşacak sıkıntılarında azaltılmasına çalışılmaktadır. Ancak yine de yapı sektörü içerisinde yer almayan kişi ve/veya kuruluşların hazırlayacağı yasal düzenlemeler, konu üzerinde problemlerin görülmesini getirmektedir. Bu konuda akademik çevrelerce yapılacak bilimsel çalışmaların hızla yaygınlaştırılması önemlidir. Bu çalışmanın amacı mevcutta bulunan kanun, kararname, tüzük, yönetmelik kapsamında hazırlanan çatı ve cephe işlerinin yapım ve onarım süreçlerinde geçerli olan kuralları ortaya koyarak yapı sektörünün çatı ve cephe işleri için alması gereken tedbirleri belirlemektir. Çalışmanın bundan sonraki yapım işlerinde gerçekleştirilecek iş güvenliği ve sağlığı tedbirlerinin uygulanmasına örnek teşkil edeceği umulmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER:

Yüksekte Çalışma, İş Güvenliği, Çatı ve Cephe İşleri

¹ Yrd. Doç. Dr. Z. Özlem PARLAK BİÇER, Erciyes Üniv. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi ABD. Merkez Kampus, 38039 Kayseri, Tel: 0352 2076666, Faks: 0352 4376554, parlako@erciyes.edu.tr, parlakoz@yahoo.com

² Öğr. Gör. Hatice ÖZDEMİR, Erciyes Üniversitesi Develi Hüseyin Şahin MYO, Develi, Kayseri, Tel: 0352 6219899, Faks: 0352 6219515, haticeozdemir@erciyes.edu.tr

1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Yapı sektörü her ülkede lokomotif sektör olarak görülmektedir. Eğer ülkeler ekonomi ve istihdamda çıkmaza düşerlerse kalkınmayı sağlamak için ilk yatırım yapılan sektör yapı sektörü olmaktadır. Çünkü yapı sektörü, içerisinde en üst düzey eğitilmiş kesimden kalifiye olmayan işçiye kadar herkesin çalışabileceği bir sektördür. Buna ek olarak yapı sektöründe istihdam edilen kişilerin aileleri düşünüldüğünde ülkelerin ekonomisindeki yeri de anlaşılmaktadır. Ayrıca yapı sektörüne hizmet ve malzeme sağlayan diğer sektörler ve bunlara bağlı çalışan yan sektörlerdeki istihdam ve kalkınma da yapı sektörünün gelişmesine bağlı olarak artmaktadır. Bu durum gelişmekte olan ülkeler arasında gelişmiş ülkeler listesine girmeye aday Türkiye için de belirgin bir şekilde görülmektedir.

Ülkede her yönden bu kadar önemli olan bir sektöre yönelik kanun yapıcılar tarafından uygulamaya koyulan kanun, kararname, tüzük, yönetmelik vb yazılı mevzuat da diğer sektörlerle oranla daha çok ve kapsamlı olmaktadır. Koyulan her maddenin de uygulamada yerini bulması önemlidir. Bu kapsamda Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın son yıllarda yaptığı çalışmalar dikkat çekicidir. Tüm çalışma alanlarını ve dolayısı ile yapı sektörünü ilgilendiren İş Kanunu, İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu dışında sektörü ilgilendiren İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, Tehlikeli Ve Çok Tehlikeli Sınıfta Yer Alan İşlerde Çalıştırılacakların Mesleki Eğitimlerine Dair Yönetmelik, İşyeri Bina Ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği, Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Yönetmelik, Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, Çalışanların Titreşim ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği ve sadece yapı sektörü için hazırlanan Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], son yıllarda hatta son aylar yapılan bu çalışmalar sonucudur.

Bu çalışmanın amacı; yapı sektöründe önem arz eden çatı ve cephe işlerindeki yeni kanun, kararname, tüzük ve yönetmeliklerin neler olduğunun ortaya koyulup, yasal gelişmelerden sektörü haberdar ederek, sektörde uygulamaya yönelik yol göstermek hedeflenmiştir. Kanun yönetmeli vb yasal ve yazılı belgelerin okunmasındaki zorluklar göz önüne alınarak, buralarda geçen maddeler görsel olarak açıklanmaya, algı güçlendirilmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Yapı sektöründe farklı alanlardan farklı çalışanlar yer almaktadır. Bu çalışanlardan, bir iş sözleşmesine dayanarak çalışan gerçek kişiye işçi, işçi çalıştıran gerçek veya tüzel kişiye yahut tüzel kişiliği olmayan kurum ve kuruluşlara işveren, işçi ile işveren arasında kurulan iş ilişkisi [1] ile birbirine bağlıdırlar. Yapı sektöründeki çalışanlar, İş Kanunu'ndaki tanımı ile işveren tarafından mal veya hizmet üretmek amacıyla maddî olan ve olmayan unsurlar ile işçinin birlikte örgütlendiği işyerinde [1] birlikte çalışmaktadırlar. Bu yerlere üretilen mal veya hizmet ile nitelik yönünden bağılılığı bulunan ve aynı yönetim altında örgütlenen yerler (işyerine bağlı yerler) ile dinlenme, çocuk emzirme, yemek, uyku, yıkanma, muayene ve bakım, beden ve meslekî eğitim ve avlu gibi diğer eklentiler ve araçlar da [1, 2] kanunen dahil edilmiştir. Dolayısı ile bir yapı alanında üretim harici her alan da iş yeri olarak görülmektedir.

Yukarıda tanımlanan iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemek [2] üzere ise İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 2012’de yürürlüğe girmiştir. Kanunun, kamu ve özel sektöre ait bütün işlere ve işyerlerine, bu işyerlerinin işverenleri ile işveren vekillerine, çırak ve stajyerler de dâhil olmak üzere tüm çalışanlarına faaliyet konularına bakılmaksızın uygulanması [2] esastır. Yani yapı işleri de değerlendirilirken her iki kanun da esas alınmalıdır.

Kanun no	Kanun/yönetmelik/tebliğ adı	Resmi Gazete Tarihi	Resmi Gazete Sayı
4857	“İş Kanunu”	10.06.2003	25134
6331	“İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu”	30.06.2012	28339
	“İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ”	29.03.2013	28602
	“İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği”	25.04.2013	28628
	“Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik”	02.07.2013	28695
	“Tehlikeli Ve Çok Tehlikeli Sınıfta Yer Alan İşlerde Çalıştırılacakların Mesleki Eğitimlerine Dair Yönetmelik”	13.07.2013	28706
	“İşyeri Bina Ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik”	17.07.2013	28710
	Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği	24.07.2013	28717
	Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Yönetmelik	23.08.2013	28744
	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	15.05.2013	28648
	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	28.07.2013	28721
	Çalışanların Titreşim ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	22.08.2013	28743
	İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	29.12.2012	28512
	“Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği”	05.10.2013	28786

Tablo 1. Yapı İşlerini İlgilendiren Yasalar [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda tehlike sınıfı; iş sağlığı ve güvenliği açısından, yapılan işin özelliği, işin her safhasında kullanılan veya ortaya çıkan maddeler, iş ekipmanı, üretim yöntem ve şekilleri, çalışma ortam ve şartları ile ilgili diğer hususlar dikkate alınarak işyeri için belirlenen tehlike grubu olarak tanımlanmıştır [2]. İş yerlerinin tehlike sınıfı belirlenirken ise o iş yerinde yapılan asıl işe [2] göre sınıf belirlenmesi söz konusudur. Yapı işlerinde gerçekleştirilen çalışmaların birçoğu, 28602 sayılı resmi gazetede yayımlanan “İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” ine göre çok tehlikeli [3] sınıfta yer almaktadır.

Bahsi geçen tebliğde Bina projelerinin geliştirilmesi (yapı kooperatifleri hariç) ve Yeni binaların inşaat sonrası temizliği, Vinç ve benzeri diğer inşaat ekipmanlarının operatörü ile birlikte kiralanması, az tehlikeli [3] yapı işleri olarak görülmüştür. Yine aynı tebliğde hazır mutfaklar, mutfak tezgâhları, gömme dolaplar, iç merdivenler ile ince tahta, lambri ve benzerlerinin montajı işleri; herhangi bir malzemeden yapılan kapı ve pencere kasaları, kapılar, pencereler, kepenkler, panjurlar, garaj kapıları ve benzerlerinin montajı; seyyar bölme ve metal yapı üzerine asma tavan montaj işleri ile diğer doğrama tesisatı işleri; başka yerde sınıflandırılmamış diğer yer döşeme ve kaplama ile duvar kaplama işleri; dekoratif malzemenin, bezemelerin ve süslerin montajı ile inşaatlardaki diğer bütünüleyici ve tamamlayıcı işler; açık yüzme havuzlarının inşaatı; prefabrik yapıların montajı ve kurulması (prefabrik binalar hariç); başka yerde sınıflandırılmamış diğer uzmanlaşmış inşaat işleri ise tehlikeli sınıfta yer almaktadır [3]. Bunlar dışında kalan tüm yapı işleri *çok tehlikeli* sınıfa girmektedir. Yapı işlemlerini birbirinden ayırmak mümkün değildir. Ayrıca yapı işlerinin doğası gereği farklı zamanlarda farklı çalışma gruplarının işe girmesi ve ayrılması da söz konusudur. Tüm bu farklı işler ve çalışanların girmesi ile karmaşık işlemler topluluğu yönleri ile yapı işleri çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Kendine has üretim sistemi olan yapı sektöründe gerçekleştirilecek olan İSG çalışmaları da diğer sektörlerden çok daha fazla önem arz etmeye başlayacaktır.

Ülkemizde her yıl Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından iş kazası ve meslek hastalıkları istatistikleri yayınlanmaktadır. Tablo-1’de son üç yıla ilişkin iş kazaları sıklık hızı, Tablo-2’de inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları ve yaşanan ölümlerin toplam iş kazalarında yaşanan ölümlere oranı yer almaktadır. Yayınlanan son üç yılın verilerini değerlendirdiğimiz zaman gerçekleşen her 100 ölümden yaklaşık 33 tanesi inşaat çalışanlarıdır [15].

Yıllar	İşyerinde sigortalı sayısı	İş kazası sayısı	İş kazalarından ölüm vaka sayısı	İş kazası sıklık hızı (1.000.000 iş saati için)
2012	11.939.620	74.871	744	2,43
2011	11.030.939	69.227	1.700	2,45
2010	10.030.810	62.903	1.444	2,46

Tablo 2. 2010-2012 Yıllarına Ait İş Kazası Sıklık Hızı [15].

Yıllar	İnşaat faaliyet gruplarında iş kazaları sayısı	İş kazalarından ölüm vaka sayısı	İnşaat kazalarında yaşanan ölümlerin toplam ölümlere oranı %
2012	6.437	475	34,4
2011	7.749	570	33,5
2010	9.209	256	32,9

Tablo 3. 2010-2012 Yılları İnşaat İş Kazalarının Yüzdesi [15].

SGK tarafından yayınlanan iş kazası ve meslek hastalıkları istatistiklerini kaza nedenlerine göre incelediğimizde 2010-2013 yılları kazaların ilk beş nedeni tablo halinde çıkarılmış ve Tablo 4’de verilmiştir [15]. Yıllar içerisinde kaza nedenleri arasında sıralamada farklılıklar görülmekle birlikte kaza nedenleri aynıdır. Bu beş kazanın toplamının meydana gelen tüm kazalar içerisinde payı ise %80’den fazladır. Özellikle inşaatlarda kişilerin yüksekte düşmesi, yüksekte düşen cisimlerin çarpması, kullanılan iş makinelerinden kaynaklanan kazalar, toprak kayması, bina çökmesi şeklinde yaşanmaktadır. Özellikle yayınlanan istatistiklerde de yapı işlerinde yüksekte düşme kazalarının öne çıktığını doğrulamaktadır. Çatı ve cephe işlerinde çalışanlar da çalışma alanında yürütülen en riskli faaliyetleri yürüten kişiler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yıllar	Bir veya Birden Fazla Cismin Sıkıştırılması, Ezmesi, Batması, Kesmesi	Makinelerin Sebep Olduğu Kazalar	Düşen Cisimlerin Çarpıp Devirmesi	Kişilerin Düşmesi	Taşıt Kazaları	Toplam
2012	19.579	13.401	11.088	8.541	3.563	66.924
2011	23.999	9.261	12.933	9.871	2.890	58.954
2010	23.346	7.601	11.956	8.992	2.533	54.428

Tablo 4. Kaza Nedenlerinin Yıllara Göre Dağılımı [15].

3. ÇATI VE CEPHE İŞLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Yapı işlerinde alınacak asgari iş sağlığı ve güvenliği şartlarını belirlemek [14] amacı ile hazırlanan yönetmelik 05 Ekim’de yürürlüğe girmiştir. Yapı işleri içerisinde çatı ve cephe işleri, işin yapıldığı yer olarak yüksekte çalışmayı gerektiren ve işlemlerin yapılış şekli ele alındığında, özel bir önem arz etmektedir. Bunun farkındalığı ile bahsi geçen yönetmelik kapsamında düzenlenen EK-4’ün “Yapı alanındaki Çalışma Yerleri İçin Genel Asgari Şartlar” maddesi içerisinde “Yüksekte Çalışma” bölümü oluşturulmuştur [8]. Yüksekte çalışma, seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışmalar olarak tanımlanmaktadır [14]. Bahsi geçen yönetmelik ekinde yüksekte çalışılırken uyulacak talimatlar belirlenmiştir [14].

Yüksekte çalışmaya başlamadan önce çalışmaların önceden planlanması ve organize edilmesi, yüksekten düşme ile ilgili hususlara acil durum planında yer verilmelidir. Yüksekte yapılması zorunlu olmayan montaj vb çalışmaların mümkünse yerde yaptırılmalıdır. Çalışanların, çalışma yerlerine güvenli ulaşmaları uygun araç ve ekipmanlarla sağlanmalıdır. Öncelikle toplu koruma tedbirleri alınmalı ancak düşme riski tamamen ortadan kaldırılamıyorsa yapılan işlerin özelliğine uygun bağlantı noktaları veya yaşam hatları oluşturularak tam vücut kemer sistemleri vb güvenlik sistemlerinin kullanılmalıdır. Çalışanlara bu sistemlerle beraber yapılan işe ve standartlara uygun bağlantı halatları, kancalar, karabinalar, makaralar, halkalar, sapanlar ve benzeri bağlantı tertibatları; gerekli hallerde iniş ve çıkış ekipmanları, enerji sönmüleyici aparatlar, yatay ve dikey yaşam hatlarına bağlantıyı sağlayan halat tutucular ve benzeri donanımlar verilerek kullanımı sağlanır [14].

Yapı işleri sırasında ve yapı işleri bitirilip yapı kullanıma geçtikten sonra yüksekte yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere oluşturulacak yatay ve dikey yaşam hatları için gerekli olan bağlantı noktaları ve yapısal düzenlemeler, projenin hazırlık aşamasında belirlenerek sağlık ve güvenlik planı ve sağlık ve güvenlik dosyasında yer almalıdır. Yüksekte çalışanlara yüksekte çalışmayla ilgili tehlike ve riskler konusunda gerekli eğitim verilmelidir. Yine de yüksekte yapılan çalışmalar, işveren tarafından görevlendirilen bir uzman gözetim ve kontrolü altında gerçekleştirilmelidir [14]. Yüksekte yapılacak çalışmalarda oluşturulacak korkuluklarda; Platformdan en az bir metre yükseklikte ve herhangi bir yönden gelebilecek en az 125 kilogramlık yüke dayanıklı ana korkuluk, platforma bitişik, en az 15 santimetre yüksekliğinde topuk levhası, topuk levhası ile ana korkuluk arasında açıklıklar 47 santimetreden fazla olmayacak şekilde konulan ara korkuluk olması gereklidir [14].

Yüksekte çalışmanın bir diğer önemli konusu düşen cisimlerin açtığı zararlardır. Yüksekte yapılan çalışmalarda kullanılan el aletleri ve diğer malzemelerin düşmelerini engelleyecek tedbirler alınarak çalışanların, düşen cisimlere karşı öncelikle toplu korunması sağlanmalıdır. Cisimlerin düşerek tehlike oluşturabileceği bölgelere girişler önlenmeli, gerekli ise kapalı geçişler yapılmalıdır. Yine de çalışanlara uygun baş koruyucu donanımlar verilerek kullanılmalıdır. Yapı alanında, malzemelerin yere atılmaması, güvenli bir şekilde indirilerek uygun bir yere istif edilmesi önemlidir. Moloz kaydırakları gibi yöntemler tercih edilmelidir [14].

Cephe işlerinde kullanılan hareketli veya sabit çalışma yerlerinin, çalışan sayısı, üzerlerinde bulunabilecek azami ağırlık ve bu ağırlığın dağılımı ile maruz kalabileceği dış etkiler göz önünde bulundurularak yeterli sağlamlık ve dayanıklılıkta olması önemlidir. Bu çalışma yerlerinin kendiliğinden hareketini önlemek için uygun ve güvenilir sabitleme metotları tercih edilmelidir. Ayrıca bu çalışma yerlerinin sağlamlık ve dayanıklılığı özellikle çalışma yerinin yükseklik veya derinliğinde değişiklik olduğunda kontrol edilmelidir [14].

Çatı ve cephe işlerinde yakından geçen enerji dağıtım tesisleri ile karşılaşma olasılığı vardır. Yapı işlerine başlamadan önce alanda mevcut olan tesislerin işaretlenmesi gereklidir. Yapı alanının yakınından enerji nakil hatları geçmesi durumunda, yeterli güvenlik mesafesi (2,5 m) –ki rüzgârda salınımı da hesaba katılarak- bırakılıp gerekli güvenlik tedbirleri alınmalıdır. Eğer yapılamıyorsa hattın akımının kesilmesi için ilgili kurum ve kuruluşlardan onay ve izinler alınmalıdır [8]. Elektrik nakil hatlarının bulunduğu alanlarda yapılan çalışmalarda, bariyerler veya ikaz levhalarıyla araçların ve tesislerin elektrik hattından uzak tutulmasına çalışılmalıdır [14].

Çatı ve cephe işlerinde hava koşulları da önemli bir etken olmaktadır. Çalışanların sağlık ve güvenliklerini olumsuz etkileyebilecek hava koşullarından korunması sağlanır, kuvvetli rüzgâr alan işyerlerinde gerekli güvenlik tedbirleri alınmadan çalışma yapılmaz [14].

Kullanılacak olan asma iskeleler, cephe platformları, güç kaynağıyla veya elle çalışabilen, sabit veya hareketli, daimi veya geçici asılı erişim donanımları ve bu donanımı oluşturan parçalar, TS EN standartlarına ve ilgili diğer ulusal standartlara, ulusal standart bulunmaması halinde uluslararası standartlara uygun olmalıdır. İskelenin kurulum ve kullanımına göre sağlamlık ve dayanıklılık hesapları üreticiden alınmalı, yoksa yaptırılmalıdır. Bu hesaplar sonucunda iskelenin güvenli olmadığı tespit edilirse kullanılmamalıdır [14].

İskeleler ise kendiliğinden hareket etmeyecek ve çökmeyecek şekilde tasarlanmış, imal edilmiş ve kurulmuş olmalıdır. İskele sistemlerinin güvenli bir şekilde desteklenmesi, yatay ve düşey kuvvetlere karşı uygun şekilde sabitlenmesi önemlidir. İskele sisteminde çatlak, kırık, yıpranmış ve korozyona uğramış özellikteki iskele ve bağlantı elemanlarının kullanılmamalıdır. İskelede yatay ulaşımı sağlayan platformlar hareket etmeyecek şekilde iskele sistemine sabitlenmeli ve platform döşemesinde çalışanların düşmesine sebep olabilecek boşluk bulunmamalıdır [14]. Platformdan en az bir metre yükseklikte ve herhangi bir yönden gelebilecek en az 125 kilogramlık yüke dayanıklı ana korkuluk, Platforma bitişik, en az 15 santimetre yüksekliğinde topuk levhası, Topuk levhası ile ana korkuluk arasında açıklıklar 47 santimetreden fazla olmayacak şekilde konulan ara korkuluk olmalıdır [14]. İskele sistemlerinin kurulması, kullanılması ve sökülmesinde İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğinde belirtilen hükümlere uyulmalıdır [4, 14]. İskeleler, kullanılmaya başlamadan önce, haftada en az bir kez, üzerinde değişiklik yapıldığında, belli bir süre kullanılmadığında ve sismik sarsıntı, kuvvetli rüzgârlar gibi olumsuz hava şartlarına veya denge ve sağlamlığı etkileyebilecek diğer koşullara maruz kaldığında işveren tarafından görevlendirilen uzmanlarca kontrol edilmelidir [14]. İskelelerin taşıyabilecekleri azami ağırlıklar, levhalar üzerine yazılarak iskelelerin uygun ve görülebilir yerlerine asılmalı ve üzerine moloz ve artıklar ile geçişi engelleyecek malzemeler bırakılmamalıdır. Ayrıca vinç vb makinelerin kullanılması sırasında, yüklenen malzemenin iskeleye takılmaması için tedbir alınmalıdır [14]. Bunlar dışında ön yapımlı bileşenlerden oluşan iskele ve seyyar iskeleler için bahsi geçen yönetmelikteki kurallara uyulması ve uyulduğunun kontrol edilmesi önemlidir.



Fotoğraf 1. Cephe İşlerinde Hareketli İskele [18]



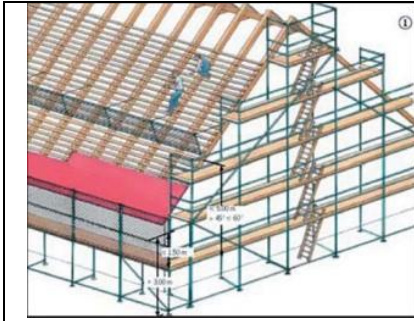
Fotoğraf 2. Cephe İşlerinde Vinç [19]



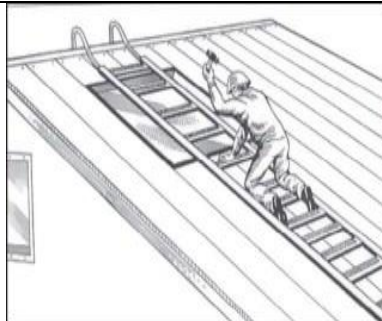
Fotoğraf 3. Cephe İşlerinde Hareketli İskele [20]

Çatılarda veya eğik yüzeylerde yapılan çalışmalarda; çalışanların, aletlerin, diğer nesne ve malzemelerin düşmesini veya benzeri diğer riskleri önlemek amacıyla güvenli kenar koruma sistemleri, çatı merdivenleri, güvenlik ağları, çalışma platformları, korkuluklu iskeleler, kayarak düşmeyi önleme sistemleri veya dikey ve yatay yaşam hatları gibi toplu koruyucu tedbirler alınmalıdır [14]. Çalışanların çatı üzerinde veya kenarında veya kırılabilir malzemeden yapılmış herhangi bir yüzey üzerinde çalışmak zorunda olduğu hallerde; sağlam olmayan ve kırılabilir maddeden yapılmış yüzeylerde dalgınlıkla yürümelerini veya düşmelerini önleyecek gerekli tüm tedbirlerin alınması önemlidir [14].

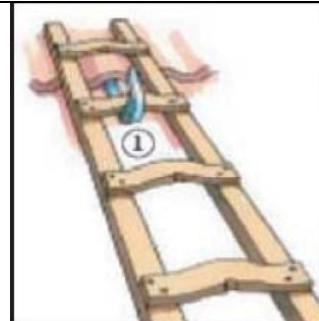
Çatı işlerinde, çatı merdivenlerini sabitlemek için uygun güvenlik kancaları kullanılması, eski yapıların çatı kancalarını taşıma güçleri kontrol edildikten sonra kullanılması, çatı merdivenini ve düzeneklerini çalışmaya başlamadan önce kontrol edilmesi, çatı merdivenlerini üst basamağından asılmaması önemlidir [16, 17]. Ayrıca koruma korkuluklarının sadece 60°'ye kadar eğimli çatılarda kullanılması, 45°'den fazla eğimli çatılarda çalışma yeri ve koruma korkulukları arasında en fazla 5,00 m mesafe bırakılması, korkulukların yeterli sayıda dikey dayanıklı desteklerle sabitlenmesi ve bunları sabitlemek için kullanılan ekipmana ve sabitleme yerlerine gerekli statik hesaplamaları yaptıktan sonra karar verilmesi önemli görülmüştür [16, 17]. Koruma korkuluklarını monte edecek kişilerin de yüksekten düşmeye karşı koruyucu donanımları kullanması sağlanmalıdır [16, 17].



Resim 1. Çatı ve Cephe İşleri [16]



Resim 2. Çatı Merdiveni [16]



Resim 3. Çatı Merdiveni [16]

Çalışanları, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla riske karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen, takılan veya tutulan, bu amaca uygun olarak tasarımı yapılmış tüm alet, araç, gereç ve cihazları tanımlayan [5] kişisel koruyucu kullanımı, çatı ve cephe işlerinde önemli konulardan biridir. Çatı ve cephe işlerinde kişisel koruyucu donanım hakkında işveren mutlaka çalışanı bilgilendirmelidir. Ayrıca bu konuda işveren çalışanların görüşünü de almalıdır [5]. Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik EK-2'de çalışanların kullanacağı kişisel koruyucu

listesi verilmiştir Ayrıca EK-3 listesinde ise hangi kişisel koruyucuların hangi işlerde kullanılması gerektiği belirlenmiştir [5]. Bahsi geçen iki listeye göre yapı işlerinde özellikle çatı ve cephe işlerinde kullanılacak olan Kişisel Koruyucu Donanımlar Aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

KKD adı	KKD türü	KKD kullanım yeri
Baş koruyucuları	Koruyucu baretler	<ul style="list-style-type: none">• iskeleler ve yüksekte çalışma platformlarının üstünde, altında veya yakınında yapılan işler,• iskelede çalışma ve yıkım işleri
Ayak koruyucuları	Delinmez tabanlı emniyet ayakkabıları Kaymayı önleyici ve delinmeye dayanıklı ayakkabılar	<ul style="list-style-type: none">• İskelelerde yapılan çalışmalar• Çatı işleri• Çatı işleri
İklima dayanıklı giysi		<ul style="list-style-type: none">• Açıkta, soğuk ve yağmurlu havada çalışma
Emniyet kemeri		<ul style="list-style-type: none">• İskelelerde çalışma• Çatı işleri
Güvenlik halatları		<ul style="list-style-type: none">• Kule/yüksek vinç kabinlerinde çalışma

Tablo 5. Çatı Ve Cephe İşlerinde Kullanılacak Olan Kişisel Koruyucu Donanımlar [5]



Fotoğraf 4. Cephe İşlerinde KKD Kullanımı [21]



Fotoğraf 5. Cephe İşlerinde KKD Kullanımı [22]



Fotoğraf 6. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [23]



Fotoğraf 7. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [24]



Fotoğraf 8. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [25]



Fotoğraf 9. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [26]



Fotoğraf 10. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [27]



Fotoğraf 11. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [28]



Fotoğraf 12. Çatı İşlerinde KKD Kullanımı [29]

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

2003 yılında İş Kanunu'nun kabulü ile çalışma hayatında yasal düzenlemeler gelmeye başlamıştır. Ancak takip eden yıllarda uygulamaya yönelik yaptırımların az olduğu görülmektedir. 2012 yılında kabul edilen İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile birlikte çalışanların güvenceye alınması ve işverenin sorumluluklarının farkında olmasına yönelik yeni yaptırımlar olmuştur. Farklı çalışma alanlarına göre yapılan yönetmelikler bu kanunu izlemiştir. Fakat yaptırımları gerçekleştirmekte pratiğe yönelik problemler olacağı düşünülmüştür. Bu yüzden yaptırımlar 2014 yılı itibari ile başlatılmıştır. Uygulamaya geçememesinin en büyük sebeplerinden birisi her alanda İş Güvenlik uzmanlarının eksikliğidir. Yapılan eğitim ve sınavlar sonucu A, B, C sınıfı iş güvenlik uzmanlarının 2014 yılında sektörlerin ihtiyacını karşılaması umulmaktadır. Yapı sektörü, çok tehlikeli işlerin yapıldığı bir alan olduğu için bu sektörde yer alacak iş güvenlik uzmanlarının A sınıfı olmaları gerekmektedir. Ancak yapı sektöründe çalışacak A sınıfı iş güvenlik uzmanı sayısı yeterli olmadığı için C sınıfı iş güvenlik uzmanlarının da yapı işlerine bakmasına izin verilmiştir. Bu durum yasal problemleri de getirecek

olmasına rağmen geçiş döneminde bir çözüm olarak görülmektedir. Yapı sektöründe iş güvenliği uzmanlarının yer alması kesinlikle işverenin sorumluluğunu azaltmamaktadır. Birinci sorumlu her zaman işveren olacaktır.

Bu çalışmada bahsi geçen kanunların pratiğe yönelik uygulamalarında 2014 yılı itibari ile karşılaşılabilecek sorunlar da olacaktır. Kanunlar ve yasal mevzuat hazırlanırken uygulamada bulunan kişi, kurum, meslek odaları, sivil toplum örgütleri (Çatı-Der vb) veya kuruluşlardan tecrübeli olanların ve işin akademik boyutunu yürüten ilgili öğretim üyelerinin görüşlerinin alınması önemlidir. Sadece bakanlıkta kurulan komisyonlarda uygulamadan uzak kesim tarafından yapılan çalışmaların sıkıntı doğuracağı düşünülmektedir. Ayrıca verilecek mesleki eğitimlerde yine bu kurumların etkin rol üstlenmesi sağlanarak pratiğe yönelik çözümler hızlandırılabilir.

Yapı sektörü içerisinde yüksekte çalışmayı da gerektiren çatı ve cephe işleri ayrı bir öneme sahiptir. Hem burada çalışanlar hem de bu alanlardan diğer alanlarda çalışanlara gelecek zararlar düşünüldüğünde önemi bir kat daha artmaktadır. Çatı ve cephe işlerinde yine birinci sorumlu olan işverendir. Bunun bilinci ile her işveren mutlaka çatı ve cephe işlerinde çalışanların eğitimini, öncelikle toplu korumasını ve bireysel korunmasını sağlamak zorundadır. Kanunlara, yönetmeliklere vb uygun çalışma koşullarını oluşturmak ve uyguladığının denetimini yapmak yine işveren ve iş güvenliği uzmanlarının sorumluluğundadır. Çatı ve cephe işleri başta olmak üzere şantiyelerde gerekli uyarı levhaları ve sözlü/yazılı uyarı sistemleri geliştirilmelidir. Tüm çalışanların buna riayet etmeleri sağlanmalıdır. Hiçbir zaman yapılan maddi harcamanın ne olacağı düşünülmemelidir. Çünkü yapı alanında meydana gelecek kazaların manevi sonuçlarının yanında, maddi sonucu da yüksek olmaktadır.

Ülkemizde 2014 yılında tam anlamıyla uygulamaya geçen İş Sağlığı ve Güvenliği sisteminin özelde yapı sektöründe hayata geçirilmesi, yapı sektöründe yer alan işveren, iş güvenliği uzmanı, çalışan ve diğer tüm kurum ve kuruluşların birlikte hareket etmesi ile mümkündür. Yüksekte çalışmaya yönelik akademik verilerin de olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada yasal mevzuattaki son gelişmelere değinilmiştir. Türkiye'deki çatı ve cephe işlerindeki yasal mevzuatın akademik ortamlarda gerçekleştirilen çalışmaları ne kadar yansıttığı ve uygulamaya geçirdiği tartışmalıdır. Günümüzde her alanda olduğu gibi uygulama ve akademik bilginin yapı sektöründe de birlikte çalışması önemlidir. Onun için öncelikle yasal mevzuatın anlaşılması ve eksikliklerin ortaya koyulması ve yeni düzenlemeler için konunun uzmanı akademisyenlere başvurulmalıdır. Bu yönde pratiğe hizmet eden çalışmaların mevzuata geçirilmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması da teşvik edilmelidir. Bu çalışmanın da iş sağlığı ve güvenliği konusunda yer alması önemli olan yasal mevzuatın ortaya konması ve böylece akademik çalışmalara bir başlangıç teşkil etmesi umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Resmi Gazete**, 2003, "İş Kanunu", Kanun Numarası: 4857, Resmi Gazete Tarih: 10.06.2003 Sayı: 25134, Tertip: 5, Cilt: 42, Ankara
- [2] **Resmi Gazete**, 2012, "İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu", Kanun Numarası: 6331, Resmi Gazete Tarih: 30.06.2012 Sayı: 28339, Tertip:5, Cilt:52, Ankara
- [3] **Resmi Gazete**, 2013, "İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ", Resmi Gazete Tarihi: 29.03.2013, Sayı: 28602, Ankara
- [4] **Resmi Gazete**, 2013, "İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık Ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği", Resmi Gazete Tarihi: 25.04.2013, Sayı: 28628, Ankara

- [5] **Resmi Gazete**, 2013, “Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik”, Resmi Gazete Tarihi: 02.07.2013, Sayı: 28695, Ankara
- [6] **Resmi Gazete**, 2013, “Tehlikeli Ve Çok Tehlikeli Sınıfta Yer Alan İşlerde Çalıştırılacakların Mesleki Eğitimlerine Dair Yönetmelik”, Resmi Gazete Tarihi: 13.07.2013, Sayı: 28706, Ankara
- [7] **Resmi Gazete**, 2013, “İşyeri Bina Ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik”, Resmi Gazete Tarihi: 17.07.2013, Sayı: 28710, Ankara
- [8] **Resmi Gazete**, 2013, “Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği” Resmi Gazete Tarihi: 24.07.2013, Sayı: 28717, Ankara
- [9] **Resmi Gazete**, 2013, “Geçici veya Belirli Süreli İşlerde İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 23.08.2013, Sayı: 28744, Ankara
- [10] **Resmi Gazete**, 2013, “Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik” Resmi Gazete Tarihi: 15.05.2013, Sayı: 28648, Ankara
- [11] **Resmi Gazete**, 2013, “Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”, Resmi Gazete Tarihi: 28.07.2013, Sayı: 28721, Ankara
- [12] **Resmi Gazete**, 2013, “Çalışanların Titreşim ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik”, Resmi Gazete Tarihi: 22.08.2013, Sayı: 28743, Ankara
- [13] **Resmi Gazete**, 2012, “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”, Resmi Gazete Tarihi: 29.12.2012, Sayı: 28512, Ankara
- [14] **Resmi Gazete**, 2013, “Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği”, Resmi Gazete Tarihi: 05.10.2013, Sayı: 28786, Ankara
- [15] **İnternet**, 2013, http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler/sgk_istatistik_yilliklari.
- [16] **İnternet**, 2013, <http://www.isgfrm.com/threads/yap%C4%B1-sekt%C3%B6r%C3%BC-%C4%B0%C5%9F-g%C3%BCvenli%C4%9Fi-el-kitab%C4%B1-%C3%87at%C4%B1-merdivenleri-ve-%C3%87at%C4%B1-korkuluklar%C4%B1.1167/>
- [17] **İnternet**, 2013, “Yüksekte Çalışma Talimatı”, www.yuksektecalisma.com
- [18] **İnternet**, 2013, <http://megametrik.com/izolasyon/is-guvenligi.php>
- [19] **İnternet**, 2013, <http://www.shutterstock.com/pic-2906851/stock-photo-construction-workers-working-with-building-facade-elements-on-bucket-truck-extension-arm.html>
- [20] **İnternet**, 2013, <http://www.lifting-platform.com/china-building-construction-suspended-platform-working-cradle-suspended-facade-equipment-platform-hoist-sy-958784.html>
- [21] **İnternet**, 2013, http://www.colourbox.com/image/worker-builder-at-facade-construction-works-image-3992409?utm_exp=22365066-19.-Pt57g7ESZWN_tKfIGYEWg.0
- [22] **İnternet**, 2013, <http://emlakkulisi.com/insaat-guvenlik-aglari/190176>
- [23] **İnternet**, 2013, <http://www.emlaktasondakika.com/Insaat-Malzemesi/Braas-Vitasafe-ile-catida-insan-ve-is-guvenligi-sagliyor/haber-34737.aspx>
- [24] **İnternet**, 2013, <http://roofersinbuford.com/roof-new-construction-buford.html>
- [25] **İnternet**, 2013, <http://www.solidstateinspections.ca/solid-state-blog/roof-overhangs.html>
- [26] **İnternet**, 2013, <http://www.expertwitnessinconstruction.com/construction-defects-roofs.php>
- [27] **İnternet**, 2013, <http://inhabitat.com/california-academy-of-sciences-green-roof/>
- [28] **İnternet**, 2013, <http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-photo-roofing-roof-construction-image3070075>
- [29] **İnternet**, 2013, <http://laytonroofsok.com/roofing/>

MEVZUATTA YAPILAN YENİ DEĞİŞİKLİKLER İLE YÜKSEKTE ÇALIŞMALARDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Gökhan KÜRKLÜ¹
Gökhan GÖRHAN²

**Konu Başlık No: 7 Çatı ve Cephe Sistemlerinin Yapım ve Onarım Süreçlerinde İş
Güvenliği**

ÖZET

Türkiye'deki iş sağlığı ve güvenliği anlayışındaki değişim süreci 2003 yılında yürürlüğe giren 4857 sayılı İş Kanunu ile başlamış fakat bu kanunun ortaya koyduğu teftiş ve müfettişe bağlı tespit bazlı reaktif anlayış yerine acil durum planları ve risk analizlerine bağlı risk bazlı proaktif yaklaşımın ortaya konmasında maalesef hem kanunun kendisi hem de çıkartılan yönetmelikler yetersiz kalmıştır. Bu sıkıntıların aşılması ve ön görülen anlayışların yasalarda karşılığını bulması için 2013 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna dayanarak peyderpey çıkartılan yönetmelikler ile gerekli düzenlemeler gerçekleştirilmeye başlamıştır. Bu değişim sürecinde çatı ve cephe kaplamaları işlerinin yürütüldüğü Yüksekte Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği konusu da etkilenmiştir. Yüksekte çalışmaları ile ilgili sayısal verilerle yapılması gerekenleri ortaya koyan Tüzükler 6331 sayılı kanun ile yasal dayanağını kaybetmiş ve bu bilgiler yeni çıkartılan yönetmeliklerde güncellenerek yerini almıştır.

Bu çalışmada yüksekte yapılan işlerde iş sağlığı ve güvenliği konusu mevzuatta gerçekleşen değişiklikler ile birlikte ele alınmıştır.

ANAHTAR KELİMELER

Yüksekte Çalışma, 6331 Sayılı Kanun, İş Sağlığı ve Güvenliği.

¹ Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ Afyon Kocatepe Üniv., İnş. Müh. Böl., Afyonkarahisar, kurklu@aku.edu.tr

² Yrd. Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN Afyon Kocatepe Üniv., İnş. Müh. Böl., Afyonkarahisar, ggorhan@aku.edu.tr

1. Giriş

İş sağlığı ve güvenliği temel olarak işyerlerinde işlerin yürütümü sırasında, çeşitli nedenlerden kaynaklanan, sağlığa zararlı ve güvensiz durumlardan korunmak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır. Çalışmanın ve emeğin bir ücret mukabilinde karşılık görmeye başladığı dönemlerde ortaya çıkmış yaklaşık yüzyıldan beridir de sistematik olarak Türkiye’de ve Dünya’da gelişmeler kaydetmiştir. İş güvenliğindeki bu değişim ve gelişim süreci günümüzde de tamamlanmış yeni yeni yaklaşımlar ve kanunlardaki değişikliklerle sürekli güncellenmektedir. Ülkemizde iş güvenliği her şeyden önce Anayasal bir haktır. Öncelikle Türkiye sosyal bir hukuk devletidir. Madde 17’ye göre herkes yaşama, maddi ve manevi varlığını koruma ve geliştirme hakkına sahiptir. Madde 18’e göre hiç kimse zorla çalıştırılmaz. Angarya yasaktır. 50. maddeye göre kimse yaşına, cinsiyetine ve gücüne uymayan işlerde çalıştırılmaz. Dinlenmek çalışanın hakkıdır. Madde 56’ya göre de herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir[1].

Türkiye’deki iş güvenliğinin gelişim sürecine kronolojik bir sırayla bakmaktan ziyade günümüzü etkileyen dönemden itibaren ele almamız konuyu daha anlaşılır kılmak için yerinde olacaktır. 1971 yılında uzun süre yürürlükte kalan 1475 sayılı İş Kanunu yürürlüğe girmiştir[2]. Bu kanuna bağlı olarak birçok yönetmelik ve tüzük çıkarılmıştır. Bu kanuna bağlı olarak çıkartılan ve yüksekte çalışmalarda iş güvenliği ile ilgili olan tüzükler; İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğüdür[3, 4].

Tüzük, yasalarca belirlenen işlerin nasıl yapılacağını gösterir, bakanlar kurulunca çıkarılır ve cumhurbaşkanının imzasından sonra Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girer Danıştay’ın denetimine tabidir[5]. Hem hazırlanması meşakkatli hem de Danıştay denetimine açık olması gibi nedenlerden ötürü 2003 yılında yürürlüğe giren 4857 sayılı İş Kanunu ile birlikte tüzüklerden ziyade yönetmelikler ile mevzuat düzenlenmiştir[6]. 2003 yılındaki bu yeni iş kanunu ile birlikte sadece mevzuattaki yaklaşım değil aynı zamanda iş güvenliğine olan bakışta değişmiştir. Bu değişimden en başta iş güvenliği ifadesi nasibini almıştır. 1475 sayılı kanunda “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği” olan ifade 4857 sayılı kanunla “İş Sağlığı ve Güvenliği” olmuştur. Adlandırmayla başlayan değişim yaklaşımda da kendini göstermiştir. 2003 yılı öncesi iş güvenliğindeki anlayış tespit bazlı reaktif olarak adlandırılan teftiş-müfettiş ile yürüyen aksaklıkların tespitine dayanan bir yaklaşım iken bu yıldan sonra yeni kanun ile birlikte risk bazlı proaktif olarak adlandırılan olursa ne olur? un cevabının arandığı risk değerlendirmesine dayanan bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu kanunun ortaya koymuş olduğu felsefe maalesef çıkartılan yönetmeliklerde karşılığını bulamamış risk analizleri, acil durum planları vs gibi kavramların içeriği doldurulamamıştır. Bu durum 2012 yılında yayınlanan ve 2013 yılında kademe kademe yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile giderilmeye başlanmıştır[7]. Bu yeni kanun 4857 sayılı İş Kanunu’nun yerine çıkartılmamış bu kanundaki iş sağlığı ve güvenliği başlıklı beşinci bölüm yerine çıkartılmıştır. Bu bölüme bağlı olarak çıkarılmış yönetmeliklerde aynı başlık altında güncellenerek 6331 sayılı kanuna göre peyderpey yeniden yayınlanmıştır. 1475 sayılı kanundaki Tüzük yaklaşımı yerine 4857 sayılı kanun ile yönetmelik anlayışı tercih edilmiş 6331 sayılı kanunda ise güncellenen yönetmeliklerde standartlara yapılan atıflar ile yapılacakların detaylandırılması ve güncel tutulması amaçlanmıştır.

Sadece yüksekte yapılan çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği konusunu ele alan bir yönetmelik yoktur. Bu konuyu yukarıda da bahsi geçen İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü ve Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü detaylı olarak konu edinmiştir. Fakat gelişmelere ve yıllara bağlı olarak bu tüzüklerin durumu değişmiştir. 25 Ağustos 1971 günlü ve 1475 sayılı İş Kanununun 74 üncü maddesine dayanılarak çıkartılmış olan bu tüzüklerin bağlı olduğu kanun 10.06.2003 tarihinde yürürlüğe giren 4857 sayılı İş Kanununun 120 nci maddesi ile yürürlükten kaldırılmıştır. Ancak aynı kanunun (4857 sayılı İş Kanununun) Geçici 2 nci maddesiyle “1475 sayılı Kanuna göre halen yürürlükte bulunan tüzük ve yönetmeliklerin bu Kanun hükümlerine aykırı olmayan hükümleri yeni yönetmelikler çıkarılıncaya kadar yürürlükte kalır.” Hükmü gereğince yürürlükte kalmıştır. Fakat Geçici 2 nci madde, 30.06.2012 tarihinde yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği

Kanununun 38/c maddesine göre 6 ay sonra yürürlüğe girmek üzere, 37/ç maddesiyle yürürlükten kaldırılmıştır. Bu değişim ile birlikte tüzüklerin son yasal dayanağı olan Geçici 2 nci madde 30.12.2012 tarihinde yürürlükten kalkmış olduğundan dolayı yukarıda sayılan tüzüklerin herhangi bir yasal dayanağı kalmamış ve hükümleri geçersiz olmuştur. Bu tüzüklerin iptal tüzüklerinin taslak metinleri ilgili bakanlığa duyurulmuş fakat henüz Resmi Gazete de yayınlanmamıştır[2-4, 6, 7].

2. Yüksekte Çalışma

En genel anlamıyla düşüldüğünde yaralanma riski olan her nokta yüksekte çalışmayı ifade eder. 5 Ekim 2013 tarihinde yayınlanan Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'ne kadar mevzuatımızda yüksekte çalışmanın bir tanımı yoktu. Tanım olarak yorumlayabileceğimiz ifadeler ise tüzüklerde yer alıyor. Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğüne göre; “yüksekliği tabandan itibaren **3 metreden** daha fazla olan ve düşme veya kayma tehlikesi bulunan yerlerde çalışanlarla, kiremit döşeyicilerine, oluk ve her türlü dış boya işleri yapanlara gırgır vinçlerini çalıştıranlara...güvenlik kemerleri verilecek ve işçiler de verilen bu kemerleri kullanacaklardır”. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğüne göre ise; “Korkuluklu platformlarla çalışılması imkanı sağlanamayan ve **4 metreden** fazla yüksekliği bulunan binaların dış kısımlarında, çatılarında ve benzeri yüksek yerlerde, bakım veya onarım işleriyle her türlü bina sökme ve yıkma işlerinde gerekli güvenlik tedbirleri alınacak ve çalışan işçilere, uygun baret, emniyet kemerleri ve bağlama ipleri gibi kişisel korunma araçları verilecek ve işçiler bunları kullanacaklardır”. Aynı zamanda geçerli iki farklı tüzükte iki farklı ifade ile yüksek ifadesi kullanılacak kişisel koruyucu donanım ile açıklanmıştır. Yüksekte çalışma, bir tüzükte 3 metre iken diğer tüzükte 4 metre olarak ifade edilmiştir.

Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde ise “seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma; yüksekte çalışma olarak kabul edilir” şeklinde yükseklikten bağımsız olarak yaralanma ihtimalinin geçerli olduğu her seviye yükseklik olarak tanımlanmıştır [8].

Bir kimsenin adımını atarak çıkamayacağı yerler yüksek olarak kabul edilir. Yüksekte yapılan çalışma ise kişinin bulunduğu referans seviyesinin üzerinde, sağlık ve güvenlik açısından tehlike oluşturabilecek durumda yapılan çalışma şekilleridir. Yüksekten düşme riski ise, birisinin seviye farkı nedeniyle düşerek yaralanma riskidir. Yükseklik kavramı göreceli olup kişiden kişiye değişmektedir. Bir insanın denge noktası 2. bel omurudur. Literatürde, çoğunlukla bel hizasını geçen yerler yüksek olarak kabul edilmektedir. Eğer omuz veya göz hizasından daha uzun bir cisimle karşılaşırsanız, bu cisim sizin için yüksek olacaktır. Ortalama bir insanın boyundan daha uzun yerler yüksek yerler, böyle yerlerde çalışmak da yüksekte çalışmaktır. Bir ülkeden diğerine farklılık gösterse de 120 cm. ve daha fazla yüksekliklerde çalışanlar korunmalıdır [9, 10].

Genelde yapı işleri özelde ise çatı ve cephe kaplama işleri açısından bakıldığında yüksekte çatının imalatı, çatı ve cephe elemanlarının montajı, yalıtımı ve temizlenmesi için çıkarız. Bu işlere bakıldığında kazalanma durumunda ölüm veya ciddi yaralanma söz konusu olduğundan 29 Mart 2013 Tarih ve 28602 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin tehlike sınıfları listesi tebliğine göre düzenlenmiş Tablo 1'de de görüldüğü gibi tehlikeli ve çok tehlikeli işler sınıfında yer almaktadır[11].

Tablo1. Yüksekte yapılan çatı ve cephe işlerinin tehlike sınıfları

NACE Kodu	Tanım	Tehlike Sınıfı
16.23.90	Başka yerde sınıflandırılmamış inşaat doğrama ve marangozluk ürünleri (ahşaptan kiriş, kalas, payanda, beton kalıbı, çatı padavrası, vb.) imalatı	Tehlikeli
23.99.01	Asfalttan ve benzeri malzemelerden yapılan ürünlerin imalatı (çatı yapımında veya su yalıtımında kullanılan bitüm esaslı keçeler dahil)	Çok Tehlikeli
25.99.13	Metalden çatı olukları, çatı kaplamaları vb. imalatı	Tehlikeli
28.25.02	Sanayi tipi fan ve vantilatörlerin imalatı (çatı havalandırma pervaneleri dahil)	Tehlikeli
43.29.02	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer tesisat işleri (paratonerlerin, tabelaların (ışıklı olsun veya olmasın), stor ve güneşliklerin montaj işleri vb.)	Çok Tehlikeli
43.91.01	Çatı işleri (çatı iskeleti kurulumunu içeren inşaat işleri, çatı yapımı, çatı oluğu ve oluk ağız montaj işleri ile metal ve diğer malzemeden çatı kaplama işleri) (dülgerlik işleri dahil)	Çok Tehlikeli
43.99.08	Su yalıtım işleri (düz çatı ve teraslardaki su yalıtım işleri, inşaat ve diğer yer altı yapıların dış cephesindeki su yalıtım işleri, nem yalıtımı vb.)	Çok Tehlikeli
43.99.12	Yapıların dış cepheleri için buharlı temizleme, kum püskürtme ve benzeri uzmanlaşmış inşaat faaliyetleri	Çok Tehlikeli

6331 sayılı kanuna göre, işveren, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini almasını sağlar. Bu eğitim özellikle; işe başlamadan önce, çalışma yeri veya iş değişikliğinde, iş ekipmanının değişmesi hâlinde veya yeni teknoloji uygulanması hâlinde verilir. Eğitimler, değişen ve ortaya çıkan yeni risklere uygun olarak yenilenir, gerektiğinde ve düzenli aralıklarla tekrarlanır.

Mesleki eğitim alma zorunluluğu bulunan tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işlere bakıldığında çatı ve cephe işlerinin de içinde bulunduğu yapı işleri bu grupta yer almaktadır. Buna göre yapacağı işle ilgili mesleki eğitim aldığını belgeleyemeyenler bu işlerde çalıştırılmazlar. Tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde; yapılacak işlerde karşılaşılabilecek sağlık ve güvenlik riskleri ile ilgili yeterli bilgi ve talimatları içeren eğitimin alındığına dair belge olmaksızın, başka işyerlerinden çalışmak üzere gelen çalışanlarda işe başlatılmazlar[7, 12].

Yeni yayınlanan Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinin ekler kısmına kısmen de tüzükteki bilgiler eklenmiştir. Bunun yanında risk bazlı anlayış gereği yapılacak çalışmalarda uyulması gereken kurallarda bu yönetmelikte yer bulmuştur. Yüksekte çalışmalarda yapılması gereklerde bu yönetmelikte sıralanmıştır.

- Yüksekte yapılması zorunlu olmayan montaj ve benzeri çalışmaların mümkün olduğunca öncelikle yerde yapılması sağlanır.
- Yapılacak çalışmaların önceden planlanması ve organize edilmesi, bu planlama yapılırken yüksekte düşme ile ilgili hususlara acil durum planında yer verildiğinden emin olunması sağlanır.
- Çalışanların, çalışma yerlerine güvenli bir şekilde ulaşmaları uygun araç ve ekipmanlarla sağlanır.
- Çalışma yerlerinde çalışanların güvenliği öncelikle, güvenli korkuluklar, düşmeyi önleyici platformlar, bariyerler, kapaklar, çalışma iskeleleri, güvenlik ağıları veya hava yastıkları gibi toplu koruma tedbirleri ile sağlanır.
- Toplu koruma tedbirlerinin düşme riskini tamamen ortadan kaldıramadığı, uygulanmasının mümkün olmadığı, daha büyük tehlike doğurabileceği, geçici olarak kaldırılmasının gerektiği

hallerde, yapılan işlerin özelliğine uygun bağlantı noktaları veya yaşam hatları oluşturularak tam vücut kemer sistemleri veya benzeri güvenlik sistemlerinin kullanılması sağlanır. Çalışanlara bu sistemlerle beraber yapılan işe ve standartlara uygun bağlantı hatları, kancalar, karabinalar, makaralar, halkalar, sapanlar ve benzeri bağlantı tertibatları; gerekli hallerde iniş ve çıkış ekipmanları, enerji sönümleyici aparatlar, yatay ve dikey yaşam hatlarına bağlantıyı sağlayan halat tutucular ve benzeri donanımlar verilerek kullanımı sağlanır.

- f) Yapı işleri sırasında ve yapı işleri bitirilip yapı kullanıma geçtikten sonra yüksekte yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere oluşturulacak yatay ve dikey yaşam hatları için gerekli olan bağlantı noktaları ve yapısal düzenlemeler, projenin hazırlık aşamasında belirlenerek sağlık ve güvenlik planı ve sağlık ve güvenlik dosyasında yer alır.
- g) Yüksekte güvenli çalışma donanımlarının, düzenli olarak kontrol ve bakımlarının yapılması sağlanır. Uygun olmayan donanımların kullanılması engellenir.
- h) Bu alanlarda çalışanlara yüksekte çalışmayla ilgili tehlike ve riskler konusunda bilgilendirme yapılarak gerekli eğitim verilir.
- i) Yüksekte yapılan çalışmalar işveren tarafından görevlendirilen ehil bir kişinin gözetim ve kontrolü altında gerçekleştirilir[8].

Bu maddelere bakıldığında bir işin referans seviyesinde yapılabilme durumu varsa yükseğe çıkmak tercih edilmemelidir. Çalışmalar önceden planlanmalı ve işlevsel bir acil durum planının hazırlanması için yüksekte çalışma konularına yer verilmelidir. Modern anlamda iş güvenliğinin hedefi olan toplu koruma önlemlerine bu maddelerde öncelik verilmiş; uygulanmadığı veya yeterli olmadığı durumlarda kişisel koruyucu donanımlara başvurulması gerektiği belirtilmiştir.

Yeni çıkartılan yönetmeliklerde bir diğer anlayış teknik detayları standartlar ile çözümleme yoluna gitmektir. Yüksekte çalışmalarda bu yönetmelik güvelik ağırları ile ilgili TS EN 1263-1 ve TS EN 1263-2 standartlarına; iskelelerle ilgili TS EN 12810-1, TS EN 12810-2, TS EN 12811-1, TS EN 12811-2 ve TS EN 12811-3 standartlarına atıf yapmıştır.

Toplu koruma önlemlerinin başında gelen ve tüzükte de ölçüleri tanımlanan korkuluklar bu yönetmelikte ölçüleri ve dayanıklılığı daha fazla talep edilen bir şekilde tanımlanmıştır. Buna göre daha önce en az 90 cm olan yükseklik 100 cm'ye; dayanıklılığı ise herhangi bir yönden gelen yük için 100 kg'dan 125 kg'a yükseltilmiştir. Tabanda bulunan topuk levhası 15 cm olarak aynı kalmıştır. Ara korkuluk için ise en çok boşluğun 47 cm olması bu yönetmelikte istenmiştir[8].

Yüksekte çalışmak için platform olarak kullanılan iskelelerle ilgili genel ve geniş bir bilgi bu yönetmelikte yer almıştır. Tüzükten farklı olarak bu yönetmelikte ahşap iskele ile ilgili hiçbir bilgi verilmemiş yani bu tip geleneksel iskeleler yönetmelik tarafından reddedilmiştir. Kısa süreli yüksekte çalışmalarda kullanılan bir diğer ekipmanda el merdivenleridir. Yeni yönetmelikte sadece sağlamlığı üzerine bir madde ile yorumlanmış tüzüğe göre oldukça az ele alınmıştır. Fakat yönetmelik bir başka yönetmeliğe 25 Nisan 2013 tarihinde çıkartılan İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği'ne atıf yaparak hem iskele hem de el merdiveni genel ve özel hükümler olarak güvenlik şartları sıralanmıştır[13].

Yüksekten düşmeye karşı kullanılan kişisel koruyucu donanımlar Kişisel Korucu Donanımlar Yönetmeliğine göre karmaşık yapıdaki kişisel koruyucu donanım sınıfındadır. Bu sınıftaki donanımlar ani olarak ortaya çıkabilecek tehlikeleri kullanıcının zamanında fark edemeyeceği düşünülen durumlarda ve hayati tehlike oluşturarak sağlığa ciddi ve geriye dönüşü mümkün olmayan risklere karşı koruma sağlar. 11 Mart 2012 tarihli Kişisel Koruyucu Donanımların Kategorizasyon Rehberine Dair Tebliğ'ine göre CE belgesi alırken Kategori 3 sınıfına göre alınmalıdır[14, 15].

Böylesine ciddi bir çalışma konusu olan yüksekte çalışma 30 Mart 2013 tarihinde yayınlanan İşyerlerinde İşin Durdurulmasına Dair Yönetmelik'e göre işyerindeki bina ve eklentilerde, çalışma yöntem ve şekillerinde veya iş ekipmanlarında çalışanlar için hayati tehlike oluşturan bir husus tespit

edildiğinde; bu tehlike giderilinceye kadar, hayati tehlikenin niteliği ve bu tehlikeden doğabilecek riskin etkileyebileceği alan ile çalışanlar dikkate alınarak, işyerinin bir bölümünde veya tamamında iş durdurulur. Çok tehlikeli sınıfta yer alan yapı işlerinin yapıldığı işyerlerinde, risk değerlendirmesi yapılmadığının tespit edilmesi halinde iş durdurulur[16].

3. Diğer Ülkelerdeki Mevzuat

İngiltere örneğine bakıldığında 2005 yılında yürürlüğe girmiş “yüksekte çalışmalar yönetmeliği” adı altında bağımsız bir yönetmelik bulunmaktadır. Bu yönetmelikte Türk yönetmenliğinde olduğu gibi yükseklik seviyesine bağlı olarak bir tanımlamadan kaçınılmış ve yükseklik anlayışının ve ortaya çıkacak ölüm ve yaralanma halinin çalışma durumuna ve personelin çalıştığı yerin güvenlik riskine göre iş ekipmanlarının seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bundan dolayı her iş için risk analizinin yapılması ve acil durum planlarında durumun ele alınması istenmiştir. Alınacak önlemler noktasında toplu koruma önemlerine öncelik verilmesi; yeterli olmadığı durumlarda kişisel koruyucu önlemlere başvurulması istenmektedir. Korkuluk tanımında ülkemiz yönetmeliğinden farklı olarak en az yüksekliğinin 95 cm olması bilgisi bulunmaktadır[17]. Amerika’da ise bizdeki gibi ayrı bir yönetmelikten ziyade inşaat işleri yönetmeliğinin düşmeye karşı koruma bölümü altında konu ele alınmıştır. Yüksekte çalışmayı ise 180 cm ve üzeri olarak tanımlamış ve bu yükseklikten sonra üç temel koruma sistemini önermiştir. Bunlar korkuluk, güvenlik ağı ve kişisel düşmeyi önleyici ekipmandır. Korkuluk yüksekliği ise bu ülke için minimum 107 cm olarak ön görülmüştür[18].

4. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde meydana gelen ölümlü iş kazalarının başında yapı işleri gelmektedir. Bu iş kazalarının büyük bir çoğunluğuna da yüksekten düşmeler sebep olmaktadır. Yıllara bağlı oluşan kaza sayıları dikkate alındığında maalesef ülkemiz yüksekte güvenli çalışma konusunda yetersizdir. Yapı işlerinin bir çoğunda ya hiç önlem alınmıyor yada yetersiz ve ilkel önemleri ile bu kazaların önüne geçmede yetersiz kalınmaktadır. İş güvenliği uzmanlarının “olursa ne olur?” yaklaşımı ile ön tehlike belirleme çalışmaları yapmasının yanında iş sahiplerinin “ya olmazsa onca masraf olur” yaklaşımı etkin ve gerçekçi önlemlerin alınmasında en büyük engeldir. Bu bildiride, uygulamaya geçmeden eskiden yönetmeliklerin, yürürlüğe girmeden ötelenen kanunların mevzuata şekil verdiği bu geçiş döneminde yüksekte güvenle çalışmak için uyulması gereken kuralların ele alındığı mevzuatlar ve oluşan değişim bu bildiride sunulmaya çalışılmıştır.

Kaynaklar

- [1] 2709 Sayılı Kanun, 1982, “Türkiye Cumhuriyeti Anayasası”.
- [2] 1475 Sayılı Kanun, 1971, “İş Kanunu”.
- [3] Resmi Gazete No: 14765, 1974, “İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü”.
- [4] Resmi Gazete No: 15004, 1974, “Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü”.
- [5] Gözler K., 2005, “Türk Anayasa Hukuku Dersleri”, Ekin Kitapevi, 320-322.
- [6] 4857 Sayılı Kanun, 2003, “İş Kanunu”.
- [7] 6331 Sayılı Kanun, 2012, “İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu”.
- [8] Resmi Gazete No: 28786, 5 Ekim 2013, “Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği”.
- [9] Ongel K., Katırcı E., Uludağ H., Mergen H., Uzun E., Kışioğlu A. N., 2008, “Yapılmış Yayınlarla Göre Yüksekten Düşme Olgusunun İncelenmesi”, Tıp Araştırmaları Dergisi, 6 (3), 175-180.
- [10] Aydın M., Arslanalp M., Kaya K., 2005, “Yüksekte Çalışma Ve Düşme, Yüksekten Düşmeye Karşı Önlemler, Düşme Durdurma Sistemleri”, Kaya Halat ve İş Emniyet Ekipmanları San. Tic. AŞ.
- [11] Resmi Gazete No: 28602, 29 Mart 2013, “İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği”.
- [12] Resmi Gazete No: 28706, 13 Temmuz 2013, “Tehlikeli ve Çok Tehlikeli Sınıfta Yer Alan İşlerde Çalıştırılacakların Mesleki Eğitimlerine Dair Yönetmelik”.
- [13] Resmi Gazete No:28628, 25 Nisan 2013, “İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği”.
- [14] Resmi Gazete No: 26361, 29 Kasım 2006, “Kişisel Koruyucu Donanımlar Yönetmeliği”.
- [15] Resmi Gazete No: 28695, 2 Temmuz 2013, “Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik”.
- [16] Resmi Gazete No: 28603, 30Mart 2013, “İşyerlerinde İşin Durdurulmasına Dair Yönetmelik”
- [17] The Work at Height Regulations, 2005, No. 735, Great Britanya.
- [18] PART 1926 Safety and Health Regulations for Construction, 2010, OSHA, USA.

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YEŞİL BİR GELECEK İÇİN ATERMİT ÜRÜNLERİ KULLANIN

Hayvan barınakları için çatı ve cephe çözümleri

Asbest
içermez



1. Isı iletimi azdır, hayvanları serin tutar, verimi olumlu etkiler,
2. Barınaklardaki asidik ortamdan etkilenmez,
3. Yanmaz, elektriği iletmez,
4. Haşare ve küf oluşumunu engeller,
5. Yağmur sesini emerek azaltır,
6. Güvenlik şeridi ile güçlendirilmiştir.



Testere
ile kesilebilir.



Elektrik akımını geçirmez



Deforme olmaz



Çivi veya
vida ile tespit edilebilir.



Mukavemeti artırılmış



Esnek



Ağır darbelerle karşı
yüksek dirençli



Sterilize



Su geçirmez



Buhar ve nem nufuz eder



Donma ve çözölmeye karşı
yüksek direnç



Tutuşmaz, yanmaz



Hafifletilmiş



(0 322) 441 02 06 (Adana)
(0 232) 853 73 74 (İzmir)
(0 312) 467 07 98 (Ankara)
(0 262) 641 79 71 (Kocaeli)
(0 224) 211 25 56 (Bursa)

www.atermit.com



www.facebook.com/atermit



www.youtube.com/user/AtermiteTV



twitter.com/Atermite

